

IMPLEMENTASI SISTEM PENGENDALI JARI TANGAN ROBOT DENGAN SENSOR FLEX MENGGUNAKAN METODE MAP

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Galang Eiga Prambudi

NIM: 125150307111008



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

PENGESAHAN

IMPLEMENTASI SISTEM PENGENDALI JARI TANGAN ROBOT DENGAN SENSOR
FLEX MENGGUNAKAN METODE MAP

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Galang Eiga Prambudi
NIM: 125150307111008

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
31 Juli 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Rizal Maulana, S.T., M.T., M.Sc.
NIK: 20160789 1009 001

Wijaya Kurniawan, S.T, M.T
NIP: 19820125 201504 1 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP: 19710518 200312 1 001

IDENTITAS PENGUJI

- Dosen Penguji I
Gembong Edhi Setyawan, S.T, M.T
NIP. 201208 761201 1 001
- Dosen Penguji II
Mochammad Hannats Hanafi Ichsan, S.ST, M.T
NIK. 201405 881229 1 001



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 31 Juli 2018

Galang Eiga Prambudi

NIM: 125150307111008



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Galang Eiga Prambudi

Tempat, Tanggal Lahir : Pasuruan, 07 Mei 1994

Alamat Asal : Jl. Anggur 6 No: 46 RT 001 RW 006 Perum Bugul
Permai Pasuruan

Nama Orang Tua : Hery Setyabudi

Riwayat Pendidikan : SD Negeri 1 Petamanan (2000-2006)
SMP 1 Muhammadiyah Pasuruan (2006-2009)
SMA Negeri 1 Gondangwetan (2009-2012)
S1 Informatika Universitas Brawijaya (2012-2018)

Alamat di Malang : Jl. Raya Tlogomas No: 37

No. telpon/HP : 081 357 279 888

E-mail : galangeigaprambudi@gmail.com

Prestasi : -

Pengalaman Kepanitiaan : -

Pengalaman Organisasi : -

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada seluruh pihak yang selama ini telah mendukung dan membantu dalam proses penelitian skripsi. Kepada dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing dan memberikan masukan berharga bagi skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada teman-teman di kampus yang telah memberikan dukungan dan berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan penelitian. Semoga segala jerih payah perjuangan yang telah dilakukan bisa memberi manfaat bagi banyak orang.

Malang, 31 Juli 2018

Penulis

galangeigaprambudi@gmail.com



ABSTRAK

Galang Eiga Prambudi, Implementasi Sistem Pengendali Jari Tangan Robot Dengan Sensor Flex Menggunakan Metode Map

Pembimbing: Rizal Maulana, S.T, M.T., M.Sc dan Wijaya Kurniawan, S.T, M.T

Penelitian ini bertujuan untuk membantu pekerjaan manusia dalam melakukan kegiatan yang berbahaya untuk disentuh tangan manusia seperti penjinakan bom, memindahkan benda berbahaya seperti tabung reaksi yang berisi zat aktif kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan manusia. Pada nilai input pengembang menggunakan sebuah sensor flex. Sensor flex merupakan sebuah sensor yang memiliki fungsi dalam mendeteksi suatu kelengkungan prinsip. Pengembang memilih sensor flex dikarenakan sebuah kebutuhan untuk mendapatkan nilai gerak pada lengkungan jari. Dalam memudahkan untuk menemukan gambaran secara utuh dari ide maupun gagasannya, ditambahkan sebuah metode dalam sistem perancangannya, metode yang digunakan yaitu metode map. Metode map merupakan sebuah peta konsep yang bertugas untuk mengumpulkan semua data yang penting pada konsep program yang kemudian dikumpulkan dalam satu data. Metode map digunakan karena memiliki konsep yang simple dan tidak cukup rumit daripada metode lainnya. Pada perancangan sistem yang dibuat maka didapatkan hasil kesimpulan untuk membaca nilai pergerakan pada sensor flex untuk pergerakannya mendapatkan hasil nilai rata-rata $213,4^{\circ}$. Pada pengujian genggam untuk objek spons memerlukan nilai sebesar 163° hingga 196° , objek botol sebesar 150° hingga 162° dan pada objek batu diperlukan nilai sebesar 124° hingga 137° . Dalam pengujian kekuatan genggam didapatkan hasil presentasi sistem mampu mendapatkan hasil valid 100%. Pada objek botol kekuatan genggam mendapatkan hasil valid 100%. Sedangkan pada objek batu mendapatkan presentase kekuatan genggam sebesar 60%.

Kata Kunci : Jari Tangan, Sensor Flex, Arduino Nano, Motor Servo, Map.

ABSTRACT

Galang Eiga Prambudi, Implementation of Robot Finger Control System with Flex Sensor Using Map Method.

Mentor: Rizal Maulana, S.T, M.T., M.Sc. and Wijaya Kurniawan, S.T, M.T.

This study aims to assist human work in conducting activities that are dangerous to touch human hands such as taming the bombs, removing dangerous objects such as test tubes that contain harmful chemical active substances that can endanger human harmony. At the input value the developer uses a flex sensor. Flex sensor is a sensor that has a function in detecting a principle curvature. Developers choose the flex sensor due to a need to get motion values on the finger arch. In making it easier to find the full picture of the idea and ideas, added a method in the design system, the method used is the map method. The map method is a concept map that is responsible for collecting all the important data on the program concept which is then collected in one data. The map method is used because it has a simple concept and is not complicated enough than other methods. In designing the system created then obtained the conclusions to read the value of the movement on the flex sensor for movement to get the average value of 213.4°. In a hand-held test for a sponge object requiring values of 163° to 196, a bottle object of 150° to 162° and to a rock object requires a value of 124° to 137°. In a handheld robber test the results of the presentation of the system are able to obtain 100% valid results. In the handheld bottle power object get 100% valid result. While on the stone object get percentage of handheld power by 60%.

Keywords : Hand Finger, Flex Sensor, Arduino Nano, Servo Motor, Map.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil `Alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya berupa kesehatan jasmani, rohani serta petunjuk dan kekuatan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi yang menjadi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Teknik Komputer jenjang Srata-1 Universitas Brawijaya. Didalam proses pengerjaan skripsi penulis menyadari semua peran dari berbagai pihak sangat membantu banyak hal dari segi bimbingan, masukan, dukungan serta nasehat. Oleh sebab itu penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sedalam-dalamnya khususnya kepada :

1. Kedua orang tua Bapak dan Ibu yang tak henti mendoakan, memberikan nasehat, bimbingan hingga motivasi semangat kepada penulis.
2. Bapak **Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D.** Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
3. Bapak **Heru Nurwasito, Ir., M.Kom.** selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik Fakultas Ilmu Komputer.
4. Bapak **Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D.** selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
5. Bapak **Rizal Maulana, S.T, M.T., M.Sc.** selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan berbagai arahan serta masukan kepada penulis hingga terselesaikannya Skripsi ini.
6. Bapak **Wijaya Kurniawan, S.T, M.T** selaku dosen pembimbing II yang tak henti juga memberikan segala macam nasehat, bimbingan dan dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir Skripsi ini.
7. Segenap Bapak Ibu dosen serta staf dan karyawan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya atas segala pendidikan ilmu yang telah diajarkan.
8. **Alif Maulana, S.Kom., Embris Nuresalandis, S.Kom., Arycca Septian Mulyana, S.Kom., Aras Nizamul A. A., S.Kom., Poby Zaarifwandono, S.Kom., Ponco Wiguna, S.Kom., Iqbal Yuan Avisena, Jodie Putra Kahir, M. Wingga Woggiasworo, Ega Dewa Iswantoro, Tasya Putri Prahardyani, S.Pd., Gigih Virgiansyah, S.T., M. Arif Marzuki, A.Md.Kep, Rahmat Fitrianto, A.Md.Kep., M,Ghozali, S.T., Bayu Oktavian, S.TP., Husni Mubarok** terima kasih untuk dukungan serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini, serta seluruh teman-teman sistem komputer angkatan 2012 yang tidak bisa disebutkan.

Malang, 31 Juli 2018

Galang Eiga Prambudi

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	2
PERNYATAAN ORISINALITAS	3
KATA PENGANTAR.....	5
ABSTRAK.....	7
ABSTRACT	8
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR TABEL.....	13
DAFTAR GAMBAR.....	14
DAFTAR LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
BAB 1 PENDAHULUAN.....	15
1.1 Latar Belakang.....	15
1.2 Rumusan Masalah.....	17
1.3 Tujuan	17
1.4 Manfaat.....	17
1.5 Batasan Masalah	17
1.6 Sistematika Pembahasan.....	17
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	19
2.1 Kajian Pustaka	19
2.2 Landasan Teori.....	20
2.2.1 Jari Tangan Robot.....	20
2.2.2 Motor Servo	20
2.2.3 Mikrokontroler.....	21
2.2.4 Sensor Flex	22
2.2.5 Library Fungsi Map.....	22
BAB 3 METODOLOGI	23
3.1 Metode Penelitian	23
3.2 Studi Literatur	23
3.3 Perancangan	24
3.3.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	24
3.3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	24
3.4 Perancangan Sistem.....	24

3.4.1 Perancangan Perangkat Keras	24
3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak.....	25
3.5 Implementasi Sistem	26
3.6 Pengujian dan Analisa.....	26
3.7 Kesimpulan dan Saran	26
BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN.....	27
4.1 Deskripsi Umum.....	27
4.1.1 Perspektif Sistem.....	27
4.1.2 Karakteristik Pengguna	27
4.1.3 Batasan Sistem	27
4.1.4 Asumsi dan Ketergantungan	27
4.2 Kebutuhan Antarmuka.....	28
4.2.1 Kebutuhan Antarmuka Pengguna	28
4.2.2 Kebutuhan Perangkat Keras.....	28
4.2.3 Kebutuhan Perangkat Lunak	29
4.3 Kebutuhan Fungsional	29
4.3.1 Fungsi Mampu Membaca Nilai Input Sensor	29
4.3.2 Fungsi Mikrokontroler Arduino Nano Mampu Menerima dan Mengirimkan Data.....	30
4.3.3 Fungsi Mampu Menerima Nilai Output Pada Motor Servo	30
4.4 Kebutuhan Non-Fungsional	30
4.4.1 Kebutuhan Performasi	30
4.4.2 Kebutuhan Daya Sistem	30
BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI	31
5.1 Perancangan Sistem.....	31
5.1.1 Gambaran Umum Sistem	31
5.1.2 Perancangan Perangkat Keras	32
5.1.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	36
5.2 Implementasi Sistem	37
5.2.1 Implementasi Perangkat Keras	37
5.2.2 Spesifikasi Perangkat Lunak	39
5.2.3 Batasan Implementasi.....	39
5.2.4 Implementasi Perangkat Keras	40

5.2.5 Implementasi Perangkat Lunak.....	42
BAB 6 PenGUJIAN DAN ANALISIS	45
6.1 Pengujian Respon Sensor Flex Kepada Gerak Motor Servo	45
6.1.1 Tujuan.....	45
6.1.2 Prosedur Pengujian Respon Sensor Flex Pada Pergerakan Motor Servo.....	45
6.1.3 Hasil Pengujian	45
6.1.4 Analisa Pengujian	48
6.2 Pengujian Genggaman Tangan Robot	48
6.2.1 Tujuan.....	48
6.2.2 Prosedur Pengujian	48
6.2.3 Hasil Pengujian Genggaman Tangan Robot	49
6.2.4 Analisa Pengujian	52
6.3 Pengujian Kekuatan Genggaman.....	52
6.3.1 Tujuan.....	52
6.3.2 Prosedur Pengujian	52
6.3.3 Hasil Pengujian	52
6.3.4 Analisa Pengujian	57
BAB 7 PENUTUP	58
7.1 Kesimpulan.....	58
7.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persamaan Rumus Pembagi Tegangan	22
Tabel 5.1 Pin Perancangan Rangkaian Alat	35
Tabel 5.2 Spesifikasi Modul Sensor Flex 2,2	38
Tabel 5.3 Spesifikasi Mikrokontroller <i>Arduino Nano</i>	38
Tabel 5.4 Spesifikasi Robot Manipulator	38
Tabel 5.5 Spesifikasi Motor Servo MG 996 R	39
Tabel 6.1 Pengujian Respon Sensor Flex Dengan Motor Servo	46
Tabel 6.2 Output Serial Print Respon Flex Dengan Motor Servo	47
Tabel 6.3 Pengujian Genggaman Objek Spons	49
Tabel 6.4 Pengujian Genggaman Objek Botol	50
Tabel 6.5 Pengujian Genggaman Objek Batu	51
Tabel 6.6 Pengujian Kekuatan Genggaman Objek Spons	53
Tabel 6.7 Tabel Presentase Pengujian Kekuatan Genggaman Objek Spons	54
Tabel 6.8 Pengujian Kekuatan Genggaman Objek Botol	54
Tabel 6.9 Tabel Presentase Pengujian Kekuatan Genggaman Objek Botol	55
Tabel 6.10 Pengujian Kekuatan Genggaman Objek Batu	55
Tabel 6.11 Tabel Presentase Kekuatan Genggaman Objek Batu	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jari tangan robot	20
Gambar 2.2 Motor servo.....	21
Gambar 2.3 Mikrokontroler Arduino Nano	21
Gambar 2.4 Flex sensor.....	22
Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Sistem	24
Gambar 3.3 Diagram Blok Rancangan Jari Robot	25
Gambar 3.4 Flowchart Rancangan Sarung Tangan	25
Gambar 5.1 Perancangan Sistem	31
Gambar 5.2 Perancangan Sistem Sarung Tangan Pada Mikrokontroller	32
Gambar 5.3 Perancangan Pemasangan Sensor Flex.....	33
Gambar 5.4 Perancangan Manipulator Jari Tangan Robot.....	33
Gambar 5.5 Skematik Perancangan Rangkaian Alat	34
Gambar 5.6 Alur Pengiriman Data	36
Gambar 5.7 Diagram Alir Sistem	36
Gambar 5.8 Perancangan Metode Map.....	37
Gambar 5.9 Implementasi Perangkat Keras Sensor Flex	40
Gambar 5.10 Penempatan Sensor Flex.....	40
Gambar 5.11 Implementasi Perangkat Keras Pada Mikrokontroller.....	41
Gambar 5.12 Gambar Implementasi Perangkat Keras Mikrokonktroller dan Tangan Robot.....	41
Gambar 5.13 Potongan Program Inisialisasi Motor Servo dan Sensor Flex	42
Gambar 5.14 Potongan Program Membaca Kondisi Sensor Flex	43
Gambar 5.15 Kondisi Metode Mapping Pada Sensor Flex dan Motor Servo	43
Gambar 5.16 Output Motor Servo	44

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bagian utama bab ini akan menguraikan mengenai latar belakang pembuatan tugas akhir skripsi, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, serta sistematika pembahasan.

1.1 Latar Belakang

Pada era industrialisasi yang serba modern ini, semua kegiatan yang berhubungan dengan manusia telah bertransformasi dari yang mulanya masih tradisional atau manual mulai beralih secara bertahap ke arah yang lebih modern. Transformasi tersebut bisa dilihat dari perkembangan teknologi yang semakin cepat dan inovasi. Setiap pencapaian suatu kegiatan ditentukan oleh teknologi. Adapun contoh perkembangan teknologi yaitu perkembangan teknologi dalam dunia robotika. Penggunaan robot saat ini sudah mencakup seluruh sendi kehidupan manusia, baik dalam dunia industri maupun dalam aktifitas sehari-hari. Menurut perkembangannya, istilah Robot itu sendiri digunakan pertama kali pada tahun 1920. Menurut para peneliti sejumlah analisis telah memprediksi bahwa lambat laun robot akan berperan besar dalam seluruh sendi kehidupan manusia.

Dalam dunia perindustrian skala besar sudah banyak memanfaatkan kemajuan teknologi dengan sistem robotik sebagai media utama dalam proses produksinya. Hal ini dikarenakan sistem robotik lebih memiliki resiko yang sangat minim dibandingkan dengan tenaga manusia. Untuk pekerjaan yang mempunyai resiko besar dan berbahaya, dunia perindustrian lebih memilih opsi menggunakan sistem robotik yang dapat di kontrol sesuai kebutuhan yang diinginkan. Tidak hanya dalam dunia perindustrian, teknologi dalam era modern juga dimanfaatkan oleh beberapa pihak sebagai media bantu pekerjaannya, seperti halnya penjinak bom, dunia medis, dan masih banyak yang lainnya. Kemajuan teknologi robotik sangat membantu sekali dalam sudut bidang kehidupan manusia. Robotik sendiri memiliki banyak kelebihan yang tidak dimiliki manusia yaitu dapat melakukan suatu aktifitas yang menghasilkan kualitas dengan sama rata secara berulang kali tanpa merasa lelah dan dapat di program sesuai dengan fungsi kebutuhannya (Juliansyah, 2014).

Ada beberapa teknologi robotik yang banyak digunakan dalam era modern ini seperti contohnya robot jari tangan. Robot jari tangan merupakan salah satu jenis robot yang sering digunakan oleh beberapa perindustrian atau membantu manusia yang menderita disabilitas. Robot jari tangan meniru karakteristik tangan asli manusia. Semua sendi dapat bergerak sesuai dengan gerakan rotasinya. Walaupun demikian gerakan tersebut tidak sepenuhnya sama persis dengan gerakan pada tangan manusia. Hal ini dikarenakan sendi pada robot hanya memiliki derajat terbatas dalam pergerakan dan kebebasannya. Sendi pada tangan manusia yang sejatinya diciptakan khusus dengan amat luar biasa (Adriansyah, 2014).

Sejak dimulainya teknologi robotik manusia mencoba membuat suatu perancangan jari tangan robot dengan kemampuan seperti manusia agar dapat

membantu dalam pekerjaannya. Dalam hal ini, bagian yang di buat adalah bagian yang cukup penting dari tubuh manusia yaitu tangan. Karena tangan merupakan bagian tubuh manusia yang paling kompleks. Tangan robot direplikasi sesempurna mungkin dari tangan manusia agar dapat meniru gerakan-gerakan yang dilakukan atau diperintah. Tujuan jari tangan robot tersebut akan sangat membantu dalam perkembangan robot seperti rehabilitasi, prosthetics, teknik saraf, rehabilitas, humanoid dan interface antara manusia dengan mesin. Pada dasarnya tangan manusia menjadi pengendali tangan robot yang dapat berguna pada bidang yang diperlukan (Djannatin,2016).

Pada penelitian ini akan dibangun sebuah *prototype* jari tangan robot yang memiliki kemampuan yang sama dengan jari tangan manusia. Dengan spesifikasi semirip mungkin dari segi beban serta kemampuan menggenggamnya. Jari tangan robot ini memiliki 5 buah motor penggerak yang dapat menggerakkan masing-masing jari tangan robot. Serta 5 buah sensor flex yang akan memberikan nilai input pada program. Dengan demikian pergerakan jari tangan robot akan menghasilkan sebuah gerakan yang sama dengan perintah pada pergerakan jari tangan manusia.

Pada sistem ini nilai input menggunakan sensor flex. Sensor flex merupakan sebuah sensor yang memiliki fungsi mendeteksi suatu kelengkungan prinsip. Sistem kerjanya sama dengan potensio yaitu memberikan suatu nilai ketika ada pergerakan. Sensor flex dipilih karena sebuah kebutuhan untuk mendapatkan nilai gerak pada lengkungan jari. Sensor flex sendiri memiliki bentuk tekstur yang tipis dan dapat melengkung. Oleh karena itu sensor flex dapat disematkan pada jari tangan manusia dan mampu mengikuti kelengkungan jarinya.

Dalam memudahkan untuk menemukan gambaran secara utuh dari ide maupun gagasannya. Akan ditambahkan sebuah metode dalam sistem perancangannya, metode yang digunakan yaitu metode map. Metode map merupakan sebuah peta konsep yang bertugas untuk mengumpulkan semua data yang penting pada konsep program yang kemudian dikumpulkan dalam satu data. Metode map digunakan karena memiliki konsep yang simple dan tidak cukup rumit daripada metode lainnya. Cukup mengumpulkan semua nilai data kemudian memetakannya menjadi satu konsep.

Berdasarkan dari kebutuhan di atas, hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan peneliti sebelumnya dengan menggunakan berbagai metode dan perancangan yang berbeda-beda maka penulis membuat implementasi ini dengan tujuan mengembangkan beberapa hasil perancangan yang sudah ada dan memberikan manfaat yang lebih baik sebagai media kemudahan dalam aktifitas yang dibutuhkan dengan judul: **"Implementasi Sistem Pengendali Jari Tangan Robot Dengan Sensor Flex Menggunakan Metode Map"**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang ada dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem pembacaan sensor flex pada jari tangan robot?
2. Bagaimana cara kerja motor servo pada pergerakan jari tangan robot?
3. Bagaimana keselarasan metode map pada pergerakan jari tangan robot?

1.3 Tujuan

1. Mampu merancang penempatan sensor flex agar dapat mengikuti gerakan jari tangan manusia.
2. Dapat mengetahui sistem kerja pengoprasian motor servo dalam mengikuti gerak tangan robot sebagai media penggerak utamanya.
3. Memahami hubungan keselarasan metode map dalam pergerakan jari tangan robot.

1.4 Manfaat

1. Mengetahui perancangan jari robot pengikut gerak jari manusia secara elektronik dan mekanik.
2. Mengetahui sistem kerja motor servo sebagai media penggerak.
3. Mengetahui karakteristik metode map pada sistem program.

1.5 Batasan Masalah

Dalam laporan proposal ini penulis memberikan batasan masalah antara lain sebagai berikut:

1. Desain jari robot hanya dikendalikan jari tangan manusia.
2. Motor servo yang digunakan dalam pengendali perancangan hanya motor servo standar dengan tipe MG 996 R gear metal.
3. Mikrokontroler yang digunakan hanya menggunakan *Arduino Nano*.

1.6 Sistematika Pembahasan

Laporan proposal ini disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika pembahasan sebagai gambaran umum laporan.

BAB II LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini berisikan penggunaan teori-teori rangkaian analog maupun digital yang berkaitan dengan penulisan laporan.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisi tentang penjelasan tahap perancangan alat dari perancangan perangkat keras hingga perangkat lunak.

BAB IV REKAYASA KEBUTUHAN

Bab ini berisikan tentang kebutuhan yang harus dipenuhi dalam proses penelitian yang akan dibuat, meliputi kebutuhan fungsional dan kebutuhan non fungsional.

BAB V PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini membahas tentang perancangan sistem kendali, analisis kebutuhan, pengujian dan gerakan serta sensor yang akan di pasang pada bagian jari.

BAB VI PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas tentang hasil pengujian kontrol pada jari tangan robot yang diperoleh dari gerakan sensor pada jari tangan manusia, kemudian di analisis apakah hasil yang di dapatkan sesuai dengan hasil yang di inginkan.

BAB VII PENUTUP

Bab ini menguraikan kesimpulan yang di dapat pada hasil perancangan dan penelitian pada sistem yang di buat, kemudian memberikan saran dari hasil uji yang di dapatkan serta mengembangkan dari sistem yang perlu untuk ditingkatkan.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab penelitian ini akan menjelaskan tentang beberapa tinjauan pustaka yang berisikan hasil penelitian yang pernah dilakukan dengan metode dan tujuan dasar teori sebagai pendukung dalam penelitian “ Implementasi Pengendali Jari Tangan Robot Dengan Flex Sensor Menggunakan Metode Map ”.

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penelitian yang telah dilakukan terdahulu berdasarkan rancang bangun jari tangan robot pengikut jari tangan manusia ini di kontrol dengan menggunakan teknologi mikrokontroler ATmega16 dengan rancangan 14 buah motor servo pada jari-jari tangan robot dan menambahkan 5 buah flex sensor pada jari tangan manusia. Ketika flex sensor pada jari tangan manusia bergerak maka data akan dikirim ke mikrokontroler untuk di olah sebagai data yang selanjutnya akan di terima oleh motor servo. Sumber tegangan pada penelitian ini menggunakan sebuah *power supply* yang dimana fungsinya sebagai perubah arus listrik searah (AC) menjadi arus bolak-balik dengan besar daya 5V dan besar arus 23A (Veronica, 2014).

Dalam penelitian terdahulu pada dasarnya sebuah sistem berbasis flex sensor merupakan sensor dengan bentuk persegi panjang berbentuk kawat lentur apabila di tekuk pada bagiannya akan mendapatkan hasil resistansi. Hasil resistansi ini menghasilkan suatu tegangan yang bervariasi yang akan di olah menjadi sebuah perintah ke motor servo. Motor servo sendiri merupakan alat penggerak motor dc yang dapat bekerja secara dua arah. Sedangkan pusat pengolahan seluruh data dan perintah antara motor servo dan flex sensor di olah pada mikrokontroler yaitu *Arduino Uno*. Untuk kontrolnya peneliti menggunakan wireless karena pilihan ini dirasa sangat tepat untuk perancangan bionik jari tangan robot (Pabdillah, 2013).

Dari penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya bahwa lengan robot dirancang untuk dapat mengikuti gerak pada lengan tangan manusia dengan cara menggunakan 5 buah motor servo yang bergerak mengikuti putaran sudut potensioner. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan bahwa sinkronisasi gerak antara lengan robot dengan lengan manusia dapat menjangkau ke semua sudut dimensinya, bergerak dengan sensor yang terpasang pada tangan manusia. Penggunaan motor servo ini sebagai alat penggerak mendapatkan hasil yang lebih halus dan memiliki sudut serupa dengan gerakan yang dilakukan pada tangan manusia. Untuk melakukan pengambilan suatu objek tangan robot dilengkapi dengan *griper* (pemegang) (Syafruddin, 2012).

Dari hasil-hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan, beberapa penelitian yang ada memiliki banyak kerumitan dalam perancangannya. Penelitian di atas banyak menggunakan komponen dengan jumlah yang cukup banyak. Disini penulis menginginkan dapat merancang sistem kendalinya dengan cukup simple dan mudah di pahami dengan beberapa komponen seperti mikrokontroler

menggunakan *Arduino Nano*, *Motor servo* (5 buah), *sensor flex* (5 buah), dan penambahan menggunakan metode *mapping*.

2.2 Landasan Teori

Pada landasan teori ini berisikan tentang dasar-dasar teori yang akan mendukung dalam penelitian yang dilakukan seperti jari tangan robot, motor servo, mikrokontroler, dan flex sensor.

2.2.1 Jari Tangan Robot

Merupakan anggota tubuh yang memiliki peran cukup penting untuk kegunaan tertentu. Bagian jari tangan robot ini dikenal sebagai manipulator sistem gerak yang mempunyai fungsi menggenggam suatu objek benda. Dalam penggunaannya jari tangan robot ini banyak digunakan dalam peran pembuatan industri pabrik, sebagai pengganti kerja tangan manusia yang memiliki resiko tinggi terhadap benda yang akan disentuh. Untuk desain jari tangan robot di buat dengan seukuran jari tangan manusia dalam ukuran skala kecil ataupun skala yang lebih besar dalam fungsi yang sama. Dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jari tangan robot

Sumber: (www.scialert.net)

2.2.2 Motor Servo

Motor servo merupakan sebuah alat aktuator putar yang berfungsi sebagai sistem kendali umpan balik *loop* tertutup (*servo*). Sehingga dapat di atur untuk mendapatkan posisi penempatan output pada motor. Motor servo terdiri dari beberapa motor DC, potensioner, serangkaian gear, dan rangkaian kontrol. Rangkaian gear yang melekat pada motor servo sebagai pemerlambat gerakan putaran poros dan meningkatkan kecepatan putaran poros. Kemudian potensioner dengan perubahan resistansinya berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros pada motor servo. Berikut bentuk motor servo dapat dilihat pada Gambar 2.2.

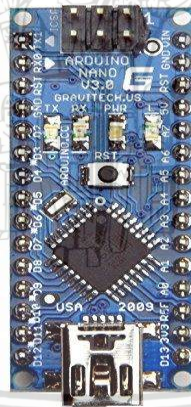


Gambar 2.2 Motor servo

Sumber: (www.grabcad.com)

2.2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. Arduino Nano adalah board dengan ukuran kecil yang menggunakan mikrokontroler Atmega328, board ini mempunyai 14 digital input dan output, 6 input analog, 16Mhz osilator Kristal, koneksi dengan USB dan sebuah tombol reset. Mikrokontroler Arduino Nano ini di aktifkan dengan tegangan antara 6-20 Volt yang di sambungkan melalui pin 30 atau pin VIN. Bentuk dan model mikrokontroler pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mikrokontroler Arduino Nano

Sumber: (www.grabcad.com)

Mikrokontroler Arduino Nano memiliki fasilitas dalam berkomunikasi dengan komputer, dengan Arduino atau Mikrokontroler lainnya. Atmega168 dan Atmega328 menyediakan komunikasi serial UART TTL (5 Volt), yang ada pada pin digital 0 (RX) dan pin 1 (TX). Sebuah Chip FTDI FT232RL yang ada pada Arduino Nano sebagai komunikasi serial menggunakan USB dan driver FTDI terdapat pada software Arduino IDE yang menyediakan COM port Virtual pada device computer dalam komunikasi dengan perangkat lunak pada computer. Memori yang digunakan Mikrokontroler Arduino Nano terdapat flash memory dengan ukuran 32KB yang berfungsi sebagai penyimpan program 2KB *Static Random Access*

Memori (SRAM) dan 1KB *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM) yang berfungsi sebagai storage ketika Mikrokontroler Arduino Nano mati data yang disimpan pada EEPROM tidak hilang dan bisa di baca kembali ketika dinyalakan.

2.2.4 Sensor Flex

Sensor flex merupakan sebuah sensor yang mempunyai fungsi sebagai pendeteksi gerakan kelengkungan. Dalam penggunaan sensor flex ini dibutuhkan suatu rangkaian pembagi tegangan, sensor ini dapat di aplikasikan pada beberapa perangkat seperti pengontrol game pada sarung tangan kendali. Selain itu dapat juga di aplikasikan pada pengontrolan sebuah robot sebagai pembaca isyarat tangan digital. Flex sensor sendiri memiliki bentuk persegi panjang seperti kawat yang dapat melengkung sesuai dengan batas maksimalnya. Bentuk sensor flex pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Flex sensor

Sumber: (www.grabcad.com)

Pada analisisnya kita bisa menggunakan rumus pembagi tegangan dalam mencari tegangan keluarannya. Berikut rumusnya pada gambar 2.1.

Tabel 2.1 Persamaan Rumus Pembagi Tegangan

Tegangan	Data ADC
$V_0 = V_1 = \left(\frac{R2}{R1 + R2} \right)$	$Data\ ADC = \frac{VinAnalog}{5} \times 1023$

Pada tegangan nilai V_i bernilai 5 volt sesuai keluaran arduino yang digunakan, nilai R_1 adalah 10 K sesuai dengan resistor pembagi tegangan yang digunakan dan R_2 adalah nilai dari sensor flex yang terukur. Pada data ADC $V_{inAnalog}$ adalah nilai tegangan luaran dari sensor flex yang terukur.

2.2.5 Library Fungsi Map

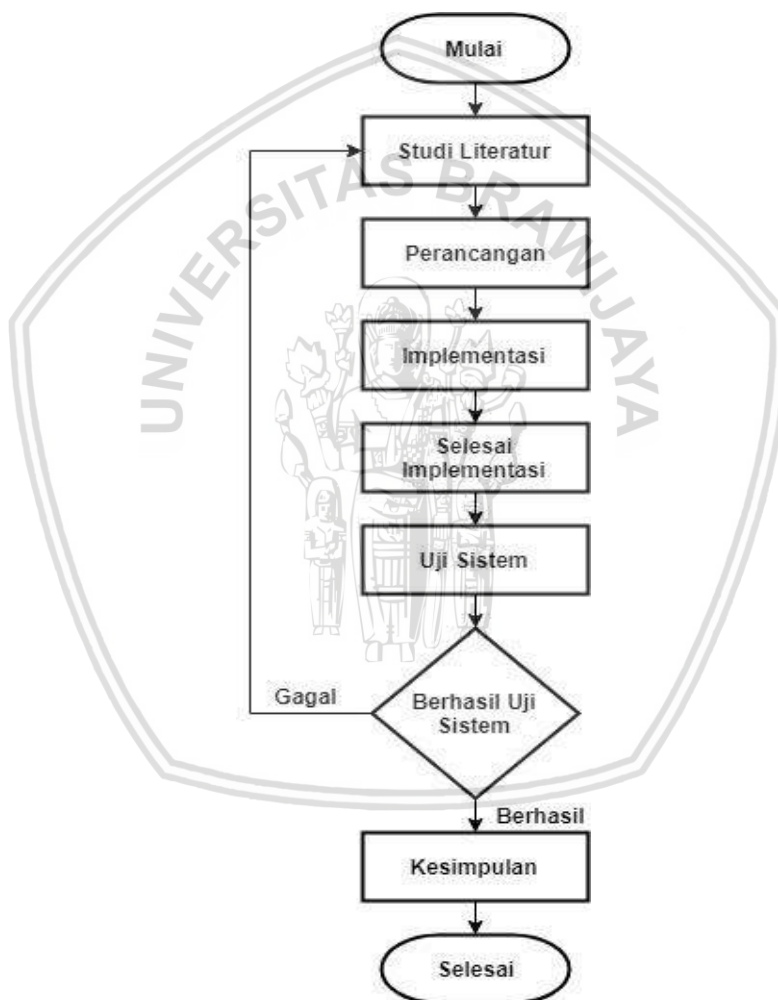
Fungsi map dalam program Mikrokontroler Arduino Nano ini digunakan ketika memetakan kembali hasil nilai dari suatu rentang nilai menjadi rentang nilai yang lain sesuai dengan hasil nilai target yang di butuhkan. Seperti contoh ada suatu nilai dari kisaran bawah saat ini di petakan menjadi nilai kisaran bawah sesuai target dan suatu nilai dari kisaran atas saat ini dipetakan menjadi nilai kisaran atas sesuai target, maka nilai yang pada awalnya jauh dari target yang di inginkan dapat menjadi nilai target yang dibutuhkan saat ini (Arduino, 2015).

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini metodologi ini akan dijelaskan tentang alur-alur yang akan di selesaikan pada masalah penelitian ini. Alur-alur tersebut berisikan, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, analisis hasil pengujian dan kesimpulan.

3.1 Metode Penelitian

Berikut merupakan flowchart pada metode penelitian yang disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan sebuah konsep yang digunakan untuk memahami dan mempelajari suatu dasar teori. Hal ini bertujuan agar peneliti memiliki sebuah dasar pengetahuan untuk merancang suatu kebutuhan yang akan dilakukan agar

tidak memiliki kendala saat perancangan. Teori yang digunakan dalam pengerjaan skripsi dapat diperoleh dari jurnal yang sudah pernah dilakukan, hasil dokumentasi peneliti terdahulu ataupun ebook yang berkaitan dengan skripsi yang akan dibuat.

3.3 Perancangan

Dalam analisis kebutuhan ditujukan untuk mendapatkan semua kebutuhan yang di perlukan untuk merancang sebuah sistem yang akan digunakan untuk pengujian. Pada analisis kebutuhan dilakukan dengan cara mengidentifikasi sistem yang digunakan beserta peralatan yang akan di pakai dalam sebuah rancangan, kebutuhan yang diperlukan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak.

3.3.1 Kebutuhan Perangkat Keras

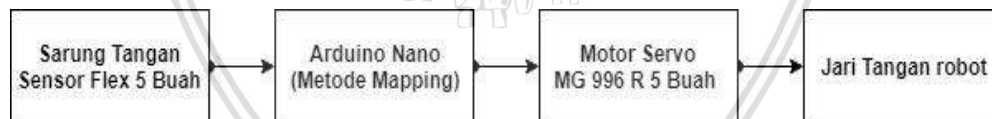
Dalam kebutuhan perangkat keras peneliti membutuhkan beberapa sistem untuk digunakan dalam pembuatan sistem kendali jari tangan robot manipulator dengan menggunakan *Arduino Uno*, *modul flex sensor*, dan jari tangan robot.

3.3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Pada kebutuhan perangkat lunak yang akan digunakan dalam bahasa pemrograman untuk membangun sebuah sistem kendali pada jari tangan robot dan manusia menggunakan bahasa pemrograman C pada arduino.

3.4 Perancangan Sistem

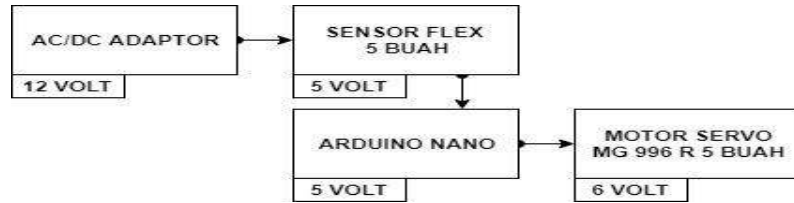
Perancangan sistem dalam penelitian ini akan di lakukan apabila seluruh kebutuhan yang di perlukan sudah memenuhi. Perancangan sendiri terdiri dari beberapa bagian, yaitu perancangan pada sistem kendali, perancangan perangkat lunak, dan perancangan perangkat keras. Diagram blok perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Sistem

3.4.1 Perancangan Perangkat Keras

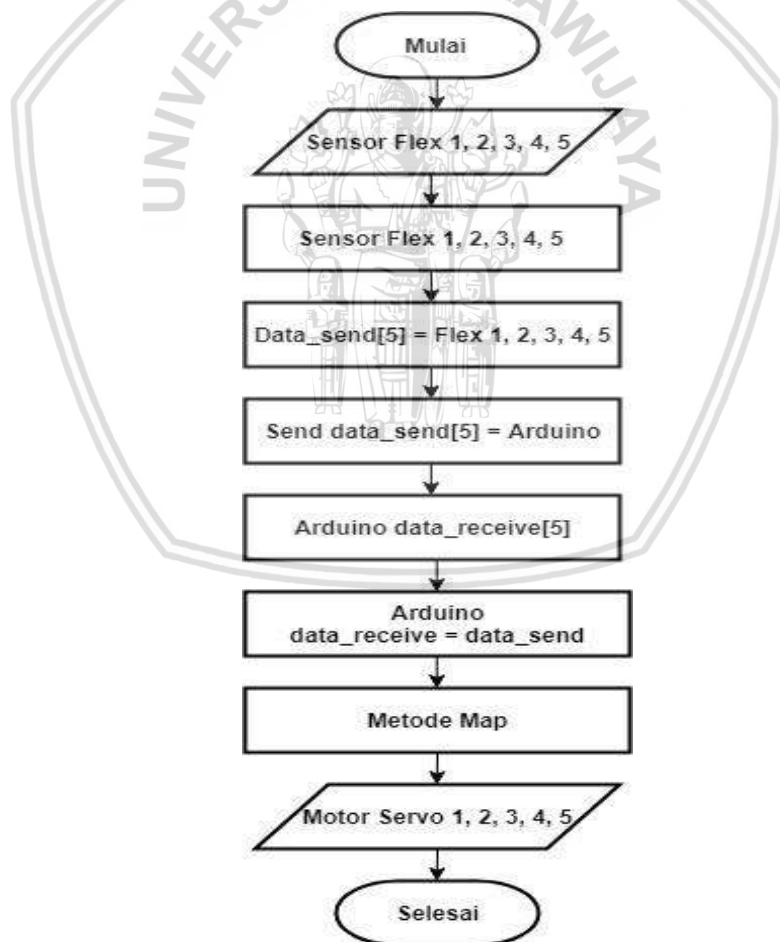
Dalam perancangan perangkat keras ini membahas tentang alur kebutuhan perangkat keras yang digunakan dalam sistem kendali jari tangan robot. Disini ditempatkan sumberdaya adaptor yang dibutuhkan sebesar 12 Volt kemudian di alirkan kepada sensor flex dengan kebutuhan daya 5 Volt dan diterima oleh arduino nano dengan daya 5 Volt, dan berakhir pada pergerakan motor servo dengan daya 6 Volt. Berikut diagram blok rancangan robot pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Diagram Blok Rancangan Jari Robot

3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan flowchart perangkat lunak merupakan alur dalam sistem kendali jari tangan manusia ke jari tangan robot. Langkah pertama memulai sistem dari 5 buah sensor flex pada sarung tangan manusia mengirimkan data ke arduino nano, kemudian arduino nano menerima data dari nilai sensor flex kemudian di olah di dalamnya bersamaan dengan metode yang digunakan, yaitu metode mapping setelah selesai pengolahan data kemudian hasil data yang diperoleh dikirimkan ke sistem motor servo untuk digerakkan sesuai dengan nilai data yang diterima. Berikut gambaran flowchart rancangan sarung tangan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Flowchart Rancangan Sarung Tangan

3.5 Implementasi Sistem

Pada bagian ini akan dilakukan penerapan hasil dari perancangan yang sudah di buat baik dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak menjadi sebuah sistem yang utuh. Implementasi sistem sebelumnya dilakukan sesuai dengan perancangan sistem yang dibuat. Bagian ini terdapat berbagai macam proses implementasi, diantaranya yaitu implementasi pendeteksian gerakan pada sensor flex, tingkat kelengkungan sensor flex, perputaran pada gerakan gear motor servo dalam menarik benda, proses pengiriman dan pengolahan data pada arduino nano serta metode yang digunakan dalam sistem kendalinya dengan kebutuhan sumber daya dari masing-masing perangkat.

3.6 Pengujian dan Analisa

Pengujian dari penelitian ini adalah memastikan data yang dibuat dan dikirimkan ke program bisa efisien secara *update* sesuai yang di inginkan. Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui fungsi dari sistem dapat berjalan dengan baik. Penelitian ini terdapat beberapa pengujian yang akan dilakukan yaitu:

1. Pengujian dalam pengiriman data
2. Pegujian penempatan sensor jari
3. Pengujian menggenggam sebuah objek

Pengujian dalam mendeteksi suatu gerakan pada sensor flex yang akan memberikan perintah pada motor servo yang sebelumnya nilai data sensor flex di olah dan diterima oleh mikrokontroler arduino nano kemudian mendapatkan sebuah perintah gerakan untuk menggenggam sebuah objek.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan ini diperoleh dari hasil analisis dalam menjawab persoalan yang telah dibuat pada rumusan masalah sistem kendali jari tangan robot menggunakan kontrol jari tangan manusia sebagai operator utama yang memiliki basis mikrokontroler. Kemudian saran yang akan diberikan dalam penelitian ini tentang kekurangan sistem yang di buat untuk pengembangan selanjutnya agar memberikan hasil yang jauh lebih baik lagi.

BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

4.1 Dekripsi Umum

Pada bab ini menjelaskan hal-hal yang harus di penuhi untuk persyaratan minimal perancangan hingga implementasi agar perancangan dan implementasi dapat berjalan dengan baik sesuai dengan keinginan pengguna. Dalam bagian ini juga menjelaskan tentang:

4.1.1 Perspektif Sistem

Sistem ini dapat berjalan dengan baik apabila sistem pada motor servo dan sensor flex yang ada dapat berjalan sesuai dengan fungsinya yaitu sensor sebagai penggerak utamanya untuk memberikan suatu nilai data yang akan dikirimkan ke sistem mikrokontroler arduino nano kemudian di teruskan ke motor servo untuk pergerakan pada jari tangan robot. Sensor flex dapat digerakkan sesuai dengan lengkungan yang di inginkan oleh pengguna.

4.1.2 Karakteristik Pengguna

Karakteristik pengguna pada sistem ini hanya memberikan nilai data pada pergerakan sensor flex kemudian melihat hasil data yang dikirimkan sesuai atau tidak pada pergerakan jari tangan robot.

4.1.3 Batasan Sistem

Beberapa batasan yang ada dalam sistem diantara lain :

1. Sensor yang digunakan hanya sensor flex dengan ukuran 2.2.
2. Sensor flex gampang bergelombang tidak kembali lurus.
3. Jari tangan robot hanya terbuat dari kayu buatan manual.
4. Motor servo yang digunakan hanya motor servo standart dengan type MG 966 R dengan gear metal.
5. Penggerak motor servo ke jari tangan robot menggunakan benang sebagai media tarik jari robot.
6. Jari tangan robot hanya berfungsi menggengam suatu benda.
7. Catu daya yang di gunakan hanya adapter ac/dc sebesar 12 Volt, 3,5 A.

4.1.4 Asumsi dan Ketergantungan

Beberapa asumsi dan ketergantungan yang terdapat pada sistem ini yaitu:

1. Sensor akan mengirimkan data setiap terjadi perubahan bentuk.
2. Motor servo akan bergerak ketika menerima nilai data dari pergerakan sensor flex.
3. Sistem ini minimal membutuhkan tegangan 12 Volt, 2 Ampere.

4.2 Kebutuhan Antarmuka

4.2.1 Kebutuhan Antarmuka Pengguna

Kebutuhan antarmuka pengguna dalam sistem ini adalah:

1. User atau pengguna dapat melihat fungsi pada sistem yang dibuat ini dengan cara melakukan setting pada mikrokontroler arduino nano.
2. Pengguna mengkoneksikan port pada servo-servo yang ada pada jari tangan robot dan mikrokontroler arduino nano agar sistem dapat berjalan. Jari tangan robot dapat bergerak sesuai dengan kehendak pengguna.

4.2.2 Kebutuhan Perangkat Keras

Pada kebutuhan perangkat keras hal yang menjadi kebutuhan untuk mendukung sistem ini agar dapat berjalan dengan baik dan bisa beroperasi sesuai keinginan pengguna yaitu:

a. Arduino Nano

1 buah mikrokontroler arduino nano yang berfungsi sebagai pengolah pemrosesan nilai data dari beberapa sensor flex dan mengubahnya dalam bentuk suatu nilai pergerakan. Digunakan juga sebagai tempat proses metode map yang digunakan.

b. Sesor Flex

5 Buah sensor flex yang berfungsi sebagai penggerak control jari tangan robot yang menghasilkan suatu nilai pergerakan.

c. Kabel Mini USB

1 Kabel USB yang berfungsi sebagai media pengiriman program data dari nilai data ke mikrokontroler.

d. Jari Tangan Robot

1 Unit jari tangan robot yang berfungsi sebagai output dalam pergerakan yang dibuat oleh sensor flex.

e. Push Bottom

1 Tombol push bottom yang berfungsi untuk menyalakan dan mematikan program

f. Laptop / PC

1 Unit CPU yang digunakan sebagai pembuat kode program pada arduino dan dieksekusi dalam mencari nilai metode map yang dibutuhkan.

g. Adapter 12 Volt

Digunakan sebagai sumber daya yang dibutuhkan oleh semua komponen agar dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

h. Kabel Pita Pelangi

Kabel ini digunakan sebagai media pengiriman data dari sensor dan servo ke mikrokontroler arduino nano.

i. Motor Servo

Motor servo menggunakan tipe MG 996 R dengan gear metal. Motor servo ini mendukung untuk pergerakan lebih maksimal dari pada tipe dibawahnya. Karena motor servo MG 996 R menggunakan gear berbahan metal.

4.2.3 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan antar muka pada perangkat lunak keras hal yang menjadi kebutuhan untuk mendukung sistem ini agar dapat berjalan dengan baik dan bisa beroperasi sesuai keinginan pengguna yaitu:

a. IDE Arduino

Berfungsi sebagai wadah pembuatan code program yang dibutuhkan dan akan di kirimkan pada board mikrokontroler *Arduino Nano*.

b. Windows 7 Ultimate

Berfungsi sebagai *operating system*.

4.3 Kebutuhan Fungsional

Dalam kebutuhan fungsional merupakan kebutuhan yang harus di penuhi dalam pengerjaan sistemnya. Berikut merupakan kebutuhan fungsional dalam sistem yang harus ada agar sistem dapat berkerja dengan baik. Kebutuhan performasi.

4.3.1 Fungsi Mampu Membaca Nilai Input Sensor

a. Penjelasan

Pada alur penjelasan fitur sistem diharuskan dapat membaca nilai input dari gerak lengkung sensor flex yang digerakkan oleh jari tangan pengguna.

b. Stimulus / Respon Sistem

Sensor flex mendapatkan inputan nilai data dari pergerakan lengkung pengguna, kemudian hasil inputan tersebut yang akan diolah oleh sistem pada mikrokontroler sebagai penentu pergerakan berikutnya.

c. Kebutuhan Fungsional

Sistem robot akan dikontrol secara baik oleh pergerakan sensor flex. Dari pergerakan tersebut akan membuat robot yang dikontrol ikut bergerak mengikuti perintah yang didapatkannya.

4.3.2 Fungsi Mikrokontroller Arduino Nano Mampu Menerima dan Mengirimkan Data

a. Penjelasan

Dalam fitur ini mengharuskan sistem dapat menerima dan mengirimkan nilai data yang dikirimkan oleh sensor flex ke mikrokontroller kemudian dikirimkan menjadi nilai output pada motor servo.

b. Stimulus / Respon Sistem

Sistem membaca nilai pergerakan jari tangan dari hasil nilai data yang dikirimkan input sensor flex kemudian diolah oleh sistem mikrokontroller menjadikan nilai keluaran yang akan menggerakkan motor servo.

c. Kebutuhan Fungsional

Pada sistem ini diharuskan sistem dapat menerima dan mengirimkan data secara tepat.

4.3.3 Fungsi Mampu Menerima Nilai Output Pada Motor Servo

a. Penjelasan

Fitur ini mengharuskan sistem dapat melakukan kondisi pergerakan dari nilai sensor flex menjadi nilai gerak pada motor servo

b. Stimulus / Respon Sistem

Pada kebutuhan ini motor servo akan merespon nilai yang diterima oleh mikrokontroller sebagai nilai gerak yang didapatkannya.

c. Kebutuhan Fungsional

Dalam sistem ini motor servo setelah menerima nilai pada mikrokontroller mampu bergerak selaras dengan pergerakan nilai inputnya.

4.4 Kebutuhan Non-Fungsional

4.4.1 Kebutuhan Performasi

Kebutuhan sistem akan berjalan dengan baik apabila sensor flex dan pergerakan motor servo pada jari tangan robot berjalan sesuai nilai. Pada sensor flex diletakkan pada jari tangan manusia tepatnya pada bahu tangan kanan atas, sedangkan motor servo diletakkan pada simulator jari tangan robot. Apabila pergerakan lengkung dari sensor flex kurang maksimal maka hasil yang diperoleh oleh motor servo sebagai penggerak juga kurang maksimal.

4.4.2 Kebutuhan Daya Sistem

Dalam kebutuhan daya sistem ini dibutuhkan sebuah daya yang akan digunakan dalam setiap rangkaian dan keselamatan nilai data. Rangkaian yang akan digunakan dalam sistem yang dibuat dapat bekerja secara optimal pada tegangan 12V dan 2 Ampere.

BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

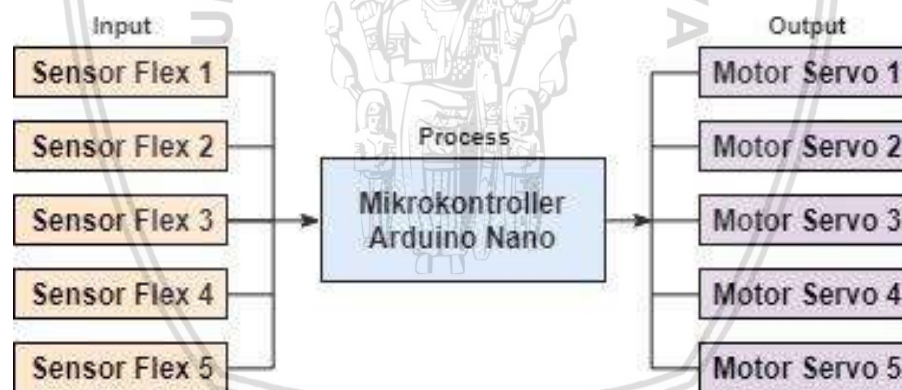
Bab ini berisikan tentang perancangan sistem pengendali jari tangan robot menggunakan jari tangan manusia menggunakan sensor flex, serta implementasi sistem dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

5.1 Perancangan Sistem

Dalam tahap ini akan menjelaskan tahap-tahap tentang perancangan sistem pengendali jari tangan robot dan jari manusia yang terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak yang ada dalam sistem ini.

5.1.1 Gambaran Umum Sistem

Pada perancangan sistem kontrol gerak jari tangan robot ini menggunakan sensor flex yang terdiri dari 5 buah sensor flex dan 1 mikrokontroller. Sensor flex diletakkan pada jari tangan pengendali manusia. Mikrokontroller menggunakan arduino nano yang akan memproses inputan nilai data dari gerakan nilai sensor flex. Setelah mikrokontroller memproses nilai data inputan kemudian mikrokontroller akan membuat keluaran nilai data ke motor servo yang terdapat pada jari tangan robot, motor servo terdapat 5 buah yang akan bergerak sesuai dengan perintah dari nilai output. Gambaran Perancangan sistem Gambar 5.1.



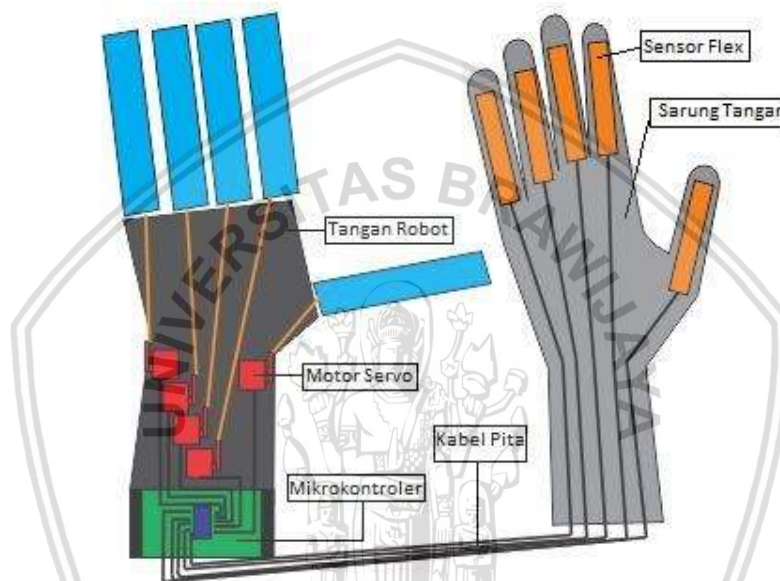
Gambar 5.1 Perancangan Sistem

Berdasarkan pada gambar 5.1 sistem yang di buat akan di jelaskan sebagai berikut:

1. Dalam bagian perancangan sistem terdapat beberapa perangkat yaitu:
 - a) 5 buah sensor flex sebagai perangkat input yang akan memberikan nilai gerakan dengan menggerakkan jari tangan manusia
 - b) Mikrokontroller sebagai pengolah data inputan dan outputan, inputan dari sensor flex da outputan ke motor servo.
 - c) 5 buah motor servo sebagai penerima nilai data yang di proses di mikrokontroller dan bergerak sesuai perintah nilai inputan sensor flex.

5.1.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras menjelaskan perangkat-perangkat yang di gunakan pada jari tangan pengendali dan jari tangan robot. Perancangan rangkaian dalam sistem yang digunakan ini menggunakan sensor flex yang mempunyai bentuk fisik yang tipis dan lentur dan akan di pasang pada jari tangan manusia dengan fungsi bergerak mengikuti alur gerak jari manusia kemudian memberikan sebuah nilai data yang akan dikirimkan ke mikrokontroler dan di proses dan di keluarkan ke motor servo untuk di gerakkan sesuai nilai perintah. Gambaran perancangan sistem pada sarung tangan dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Perancangan Sistem Sarung Tangan Pada Mikrokontroler

Pada Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa:

1. Gambar sebelah kiri, merupakan rancangan bentuk jari tangan robot manipulator yang terdapat 5 buah motor yang dipasangkan pada lengan tangannya. Kemudian di bawahnya ditempatkan mikrokontroler sebagai pengolahan data pada sistemnya.
2. Gambar sebelah kanan, merupakan konsep jari tangan pengguna. Dari desain konsep menggunakan sarung tangan yang disematkan 5 buah sensor flex pada setiap masing – masing jari. Untuk penghubung dari kedua rancangan tersebut menggunakan kabel pita untuk media transfer datanya.

5.1.2.2 Perancangan Pemasangan Sensor Flex

Pada perancangan pemasangan sensor Gambar 5.3 dapat dilihat bagaimana pemasangan sensor flex dipasangkan pada bagian atas jari sarung tangan yang telah disediakan. Dalam mencari nilai data pergerakan sensor, sensor

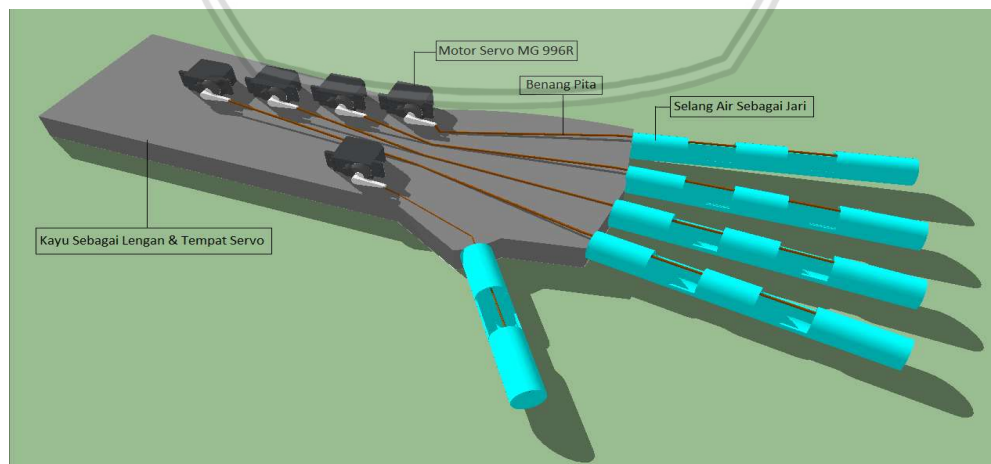
flex harus digerakkan secara melengkung mengikuti lengkungan pergerakan jari tangan. Kemudian nilai data dari sensor flex akan dikirimkan ke mikrocontroller dan di olah menghasilkan suatu nilai data output pada motor servo.



Gambar 5.3 Perancangan Pemasangan Sensor Flex

5.1.2.3 Perancangan Pemasangan Manipulator Jari Tangan Robot

Pada bagian ini proses perancangan yang digunakan berbahan kayu sebagai lengan tangan dan juga dimanfaatkan sebagai tempat peletakkan motor servo untuk mekanis daya tariknya. Perancangan jari tangan robot dapat dilihat pada Gambar 5.4.

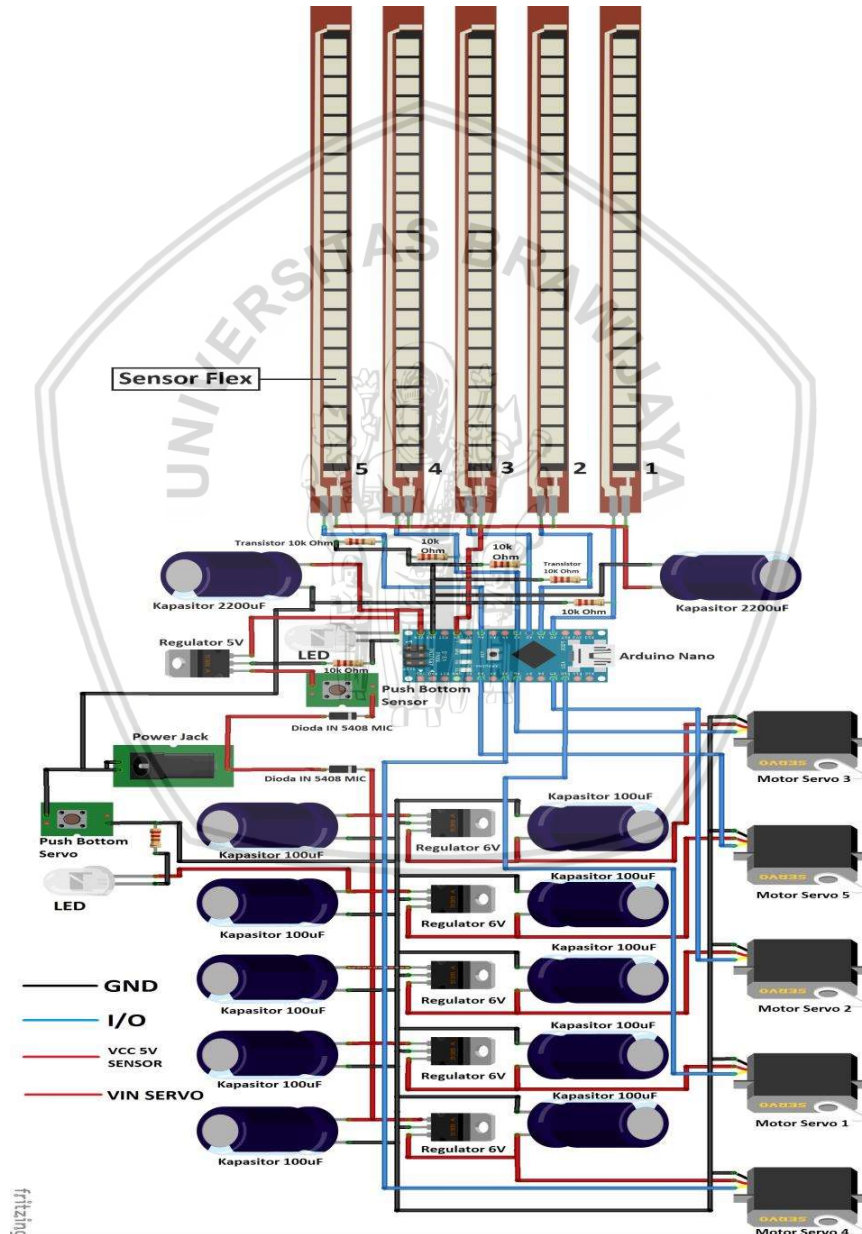


Gambar 5.4 Perancangan Manipulator Jari Tangan Robot

Pada bagian jari tangannya menggunakan media selang air yang mempunyai tekstur lentur. Beberapa bagian pada selang sedikit dipotong agar dapat dimanfaatkan untuk pergerakan sendi jari. Kemudian motor servo memerlukan media penarik jari tangan robot dengan menggunakan seutas tali benang pita. Setiap masing-masing motor servo disematkan seutas tali benang untuk menarik pergerakan setiap jari tangan robotnya.

5.1.2.4 Perancangan Rangkaian Alat

Dalam perancangan rangkaian alat ini akan dijelaskan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Skematik Perancangan Rangkaian Alat

Skematik perancangan alat menjelaskan tentang sistem rangkaian dalam implementasi pengendali jari tangan robot. Rangkaian yang digunakan merupakan rangkaian sederhana.

Didalam perancangan rangkaian menggunakan:

1. 5 Buah sensor flex dengan ukuran 2,2.
2. 5 Buah motor servo dengan tipe MG 996R.
3. 2 Tombol push bottom untuk *on/off* sensor flex dan motor servo.
4. 2 Buah kapasitor 2200uF dan 10 Buah kapasitor 100uF.
5. 7 Buah resistor 10k Ohm.
6. 2 Buah Dioda Zener.
7. 5 Buah regulator 6V untuk servo dan 1 Buah regulator 5V untuk *Arduino Nano*.
8. 2 Buah lampu *LED* sebagai indikator aktif sensor dan servo.
9. 1 Buah power jack sebagai *power supply*.

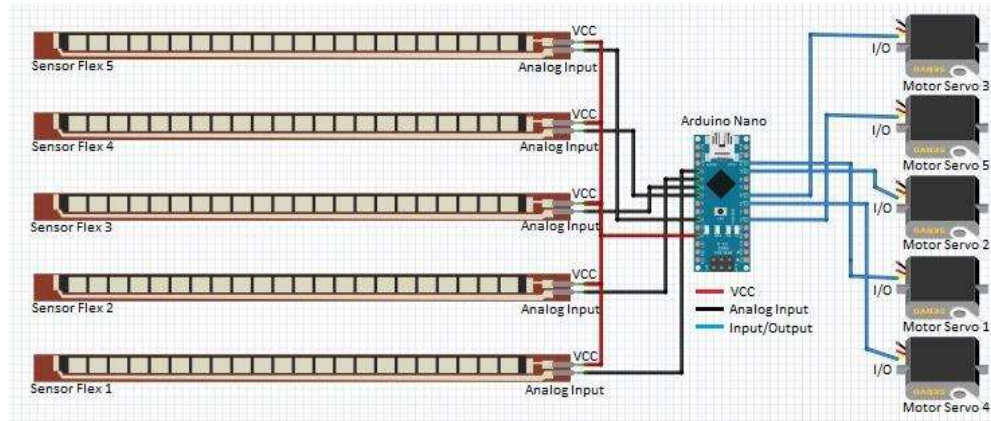
Berikut merupakan tabel pin yang digunakan pada mikrokontroller dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pin Perancangan Rangkaian Alat

No	Pin	Fungsi
1	VIN	Power Supply
2	GND	Ground
3	5V	Input or Output
4	A0	Sensor Flex 1
5	A1	Sensor Flex 2
6	A2	Sensor Flex 3
7	A3	Sensor Flex 4
8	A6	Sensor Flex 5
9	D10	Motor Servo 1
10	D9	Motor Servo 2
11	D6	Motor Servo 3
12	D5	Motor Servo 4
13	D3	Motor Servo 5

5.1.2.5 Alur Pengiriman Data

Pada alur pengiriman data pada sensor flex ke motor servo dapat dijelaskan pada Gambar 5.6.

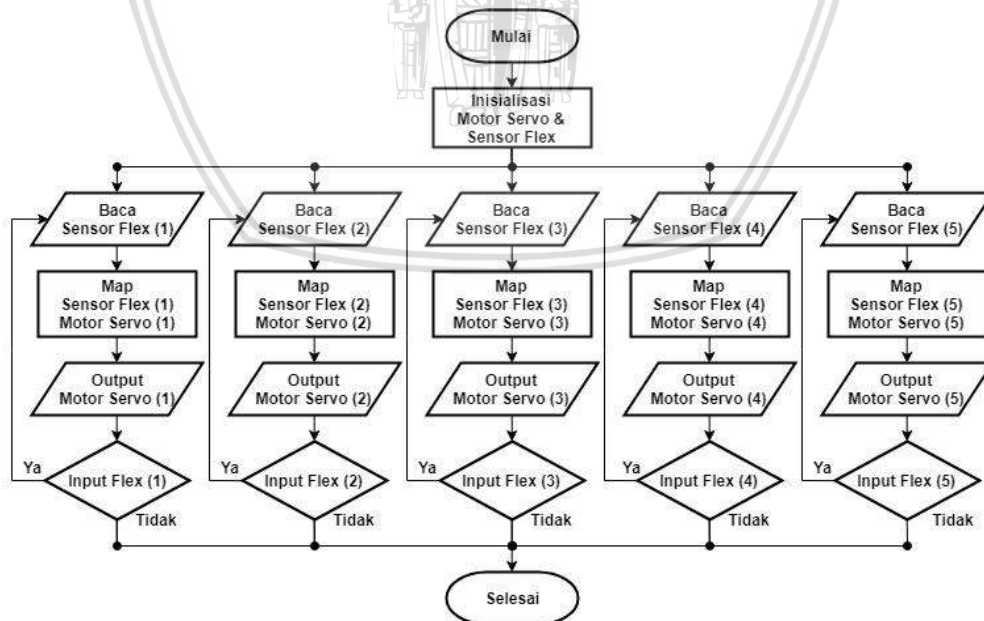


Gambar 5.6 Alur Pengiriman Data

Dalam gambar diatas dapat dijelaskan bahwa alur pengiriman data dari sensor flex ke motor servo hanya terhubung menggunakan kabel pita sebagai media transfer data sensor flex ke mikrokontroller. Kemudian diproses dengan metode mapping setelah itu memberikan perintah nilai gerak pada motor servo. Untuk pin yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

5.1.3 Perancangan Perangkat Lunak

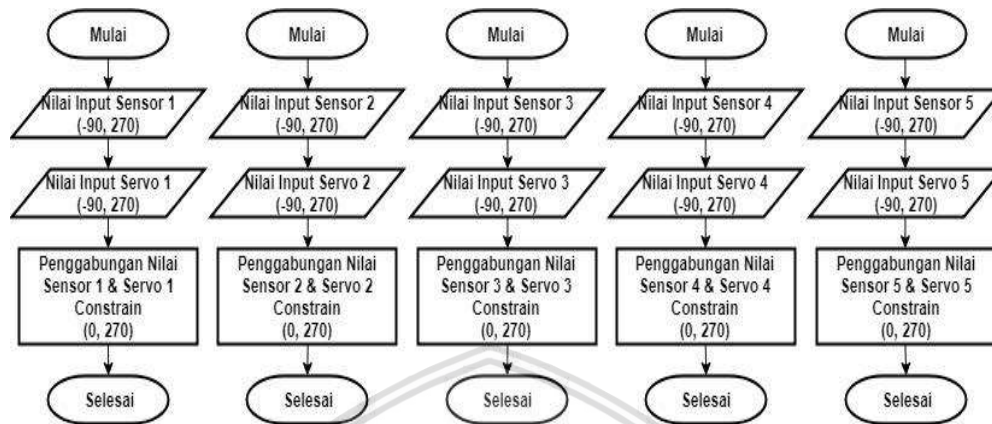
Perancangan perangkat lunak dalam sistem implementasi ini sensor flex pada jari tangan manusia sebagai pengendali gerakan simulator jari tangan robot yang terdiri dari beberapa algoritma. Algoritma digunakan untuk membaca suatu nilai data pada mikrokontroller dengan menggunakan sistem *Arduino IDE*. Berikut diagram alir perancangan perangkat lunak Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Diagram Alir Sistem

5.1.3.1 Perancangan Metode Map

Pada perancangan metode map ini dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Perancangan Metode Map

Pada perancangan map dapat dijelaskan bahwa metode map merupakan sebuah peta pemikiran dimana metode map menjalankan nilai output pada simulasi berdasarkan data yang telah diterima. Semua nilai input ditarik dan diproses dalam mikrokontroller menggunakan metode map. Dalam metode map setiap satu sensor memiliki kesatuan derajat yang dibutuhkan untuk inputannya, kemudian satu servo juga memberikan kesatuan derajat. Dari kedua kesatuan derajat tersebut digabungkan dengan memberikan perintah batas jarak geraknya di proses masing-masing dalam prosedur map-nya. Dalam proses tersebut map dapat bekerja.

5.2 Implementasi Sistem

Implementasi sistem akan dilakukan ketika semua tahap perancangan telah terpenuhi. Dalam pembahasan ini implementasi sistem manipulator pengendali jari tangan robot menggunakan jari tangan manusia dengan operator berbasis mikrokontroller akan menjelaskan tentang spesifikasi perangkat keras, batasan implementasi, dan implementasi pada sistem mikrokontrollernya.

5.2.1 Implementasi Perangkat Keras

Pada implementasi perangkat keras akan dijelaskan beberapa spesifikasi seperti modul, mikrokontroller, robot jari dan motor penggerak yang digunakan pada perangkat keras. Berikut akan dijelaskan pada beberapa bagian di bawah ini.

5.2.1.1 Rangkaian Sistem Pengontrol Jari Tangan Manipulator

1. Modul Sensor Flex 2,2

Sensor flex 2,2 digunakan sebagai media nilai input pergerakan jari tangan. Berikut merupakan spesifikasi dari sensor flex yang dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Spesifikasi Modul Sensor Flex 2,2

Modul Sensor Flex 2,2	
<i>Flat Resistance</i>	25K Ohms
<i>Resistance Tolerance</i>	±30%
<i>Bend Resistance Range</i>	45K to 125K Ohms
<i>Power Rating</i>	0.50 Watts continuous 1 Watt Peak

2. Mikrokontroler Arduino Nano

Mikrokontroler yang digunakan berfungsi sebagai pengolah suatu nilai data dari pergerakan nilai sensor menjadi bentuk sudut serajat. Berikut merupakan spesifikasi modul mikrokontroler Arduino Nano dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Spesifikasi Mikrokontroler *Arduino Nano*

Arduino Nano ATmega328	
<i>Mikrokontroler</i>	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pins</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pins</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328)
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)
<i>EEPROM</i>	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 Hz

3. Robot Jari Tangan Manipulator

Pada jari tangan robot ini berfungsi sebagai hasil keluaran dari nilai input yang sebelumnya di proses dan di olah oleh mikrokontroler *Arduino Nano*. Dalam spesifikasinya dapat dilihat dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Spesifikasi Robot Manipulator

Robot Manipulator	
<i>Braindboard</i>	Arduino
<i>Mover</i>	Micro Servo MG996R

4. Modul Servo MG 996 R

Motor servo MG 996 R merupakan bagian dari manipulator jari tangan robot yang memiliki tugas sebagai penggerak jari tangannya. Dengan sistem kerja berputar menarik manipulator jari robot. Berikut merupakan spesifikasi motor servo MG996R Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Spesifikasi Motor Servo MG 996 R

Motor Servo MG996R	
<i>Modulation</i>	<i>Analog</i>
<i>Torque</i>	<i>4.8 V ~ 6.0 V (9.4 kg – 11 kg)</i>
<i>Speed</i>	<i>4.8 V ~ 6.0 V (0.19 sec – 0.15 sec)/60°</i>
<i>Weight</i>	<i>55 g</i>
<i>Gear Type</i>	<i>Metal Gear</i>
<i>Rotation/Support</i>	<i>Dual Bearings</i>
<i>Rotational Range</i>	<i>360°</i>
<i>Dimensions</i>	<i>L: 40.7 mm / W: 19.7 mm / H: 42.9 mm</i>

5.2.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

1. *Arduino IDE C/C++ Programming.*

5.2.3 Batasan Implementasi

Batasan batasan dalam implementasi akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Implementasi sistem pengendali jari tangan robot menggunakan jari tangan manusia sebagai operator penggeraknya berbasis mikrokontroler yang berfokus pada bagaimana lengkung sensor flex yang di hasilkan dapat diikuti gerakan motor servo.
2. Sensor flex diletakkan pada bahu tangan kanan atas bagian jari.
3. Pengiriman nilai data dari sensor flex ke mikrokontroler menggunakan media kabel dalam mempermudah proses pengiriman nilainya.
4. Daya yang digunakan dalam sistem ini menggunakan Adaptor 12 V.
5. Pengiriman nilai data dari mikrokontroler ke jari motor servo juga menggunakan kabel.
6. Kontrol pergerakan pada bagian jari tangan robot menggunakan tarikan tali yang dihubungkan pada motor servo. Motor servo akan bergerak berputar sesuai nilai yang diberikan oleh lengkungan pada sensor flex.

5.2.4 Implementasi Perangkat Keras

Dalam Implementasi perangkat keras sensor flex pada jari tangan manusia sebagai pengendali gerakan motor servo berdasarkan rancangan sistemnya. Sensor akan diletakkan pada bagian bahu tangan kanan atas jari.

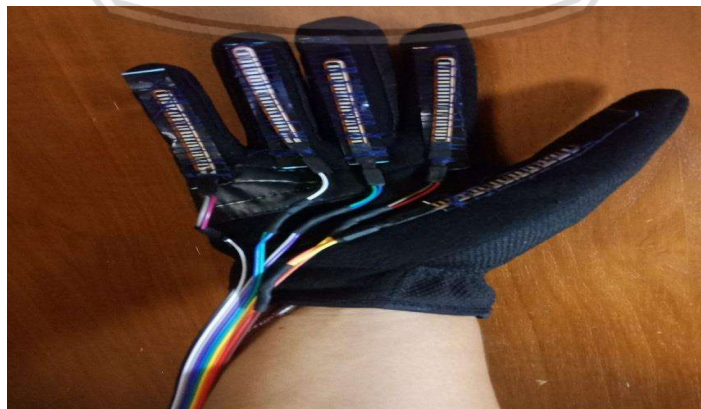
5.2.4.1 Implementasi Perangkat Keras Sensor Flex

Pada implementasi perangkat keras sensor flex sesuai pada perancangan yang telah dibuat menggunakan sensor flex dengan jenis ukuran 2,2 dan kabel yang digunakan sebagai media pengiriman nilai data ke mikrokontroller. Di bawah ini merupakan implementasi pada sensor flex terdapat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Implementasi Perangkat Keras Sensor Flex

Dapat dilihat bahwa peletakkan sensor flex ditempelkan pada media bahu sarung tangan kanan bagian bawah, 5 buah sensor flex disematkan pada masing-masing jari. Untuk implementasi penempatan media sarung tangan sensor flex akan disajikan pada Gambar 5.10.

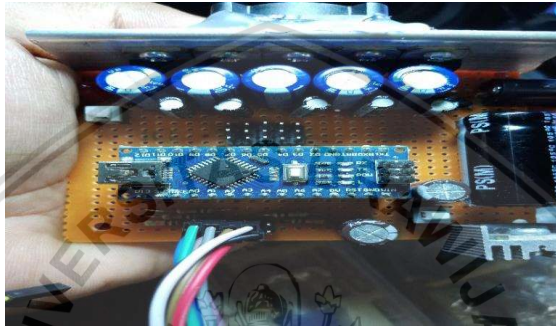


Gambar 5.10 Penempatan Sensor Flex

Penempatan sarung tangan dengan 5 buah sensor flex yang ditempatkan pada bahu tangan kanan bawah. 5 buah sensor flex ini akan mengontrol motor servo berdasarkan nilai tingkat kelengkungan pada sensor flex-nya. Tingkat kelengkungan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan pengguna.

5.2.4.2 Implementasi Perangkat Keras Mikrokontroller

Dalam implementasi perangkat keras mikrokontroller sesuai rancangannya mikrokontroller menggunakan *Arduino Nano* dan terdapat 5 buah port input sebagai port masuk sensor flex dan 5 buah input lagi digunakan sebagai output 5 buah motor servo. Berikut gambaran implementasi perangkat keras pada mikrokontroller terdapat pada Gambar 5.11.

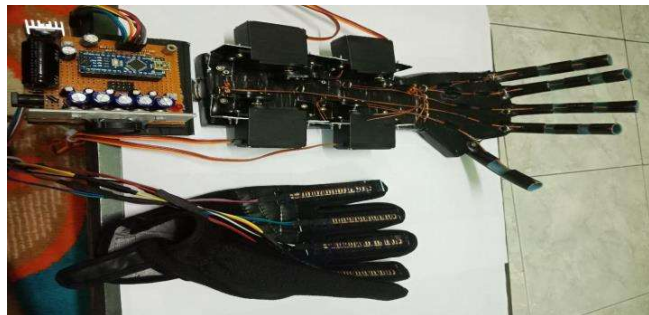


Gambar 5.11 Implementasi Perangkat Keras Pada Mikrokontroller

Implementasi pada perangkat keras mikrokontroller menggunakan beberapa komponen untuk mendukung kinerja sistem. Selain port – port untuk media input dan output ditambahkan juga beberapa komponen lain seperti port adaptor untuk catu daya, penurun tegangan, *push bottom* on off, kipas kecil sebagai pendingin dan beberapa komponen kecil lainnya.

5.2.4.3 Implementasi Perangkat Keras Mikrokontroller dan Jari Tangan Robot

Pada implementasi perangkat keras mikrokontroller dan jari tangan robot ini dapat dilihat bahwa peletakkan perangkat keras mikrokontroller disematkan menjadi satu dengan manipulator jari tangan robotnya. Berikut implementasi perangkat keras jari tangan robot, Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Gambar Implementasi Perangkat Keras Mikrokonktroller dan Tangan Robot

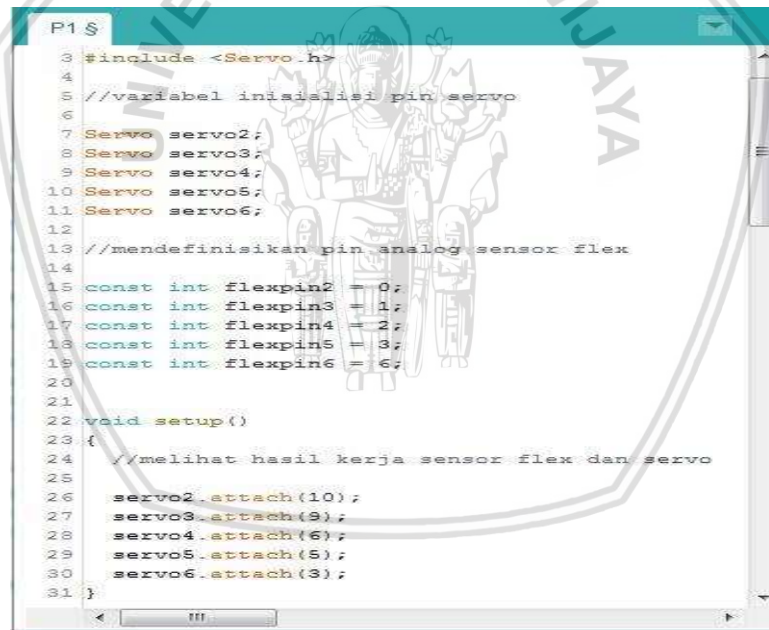
Peletakan mikrokontroler berada pada bagian bawah tangan manipulator. Sehingga tidak terlalu jauh pada port untuk motor servo. Perangkat tangan robot yang berisikan sensor flex bersifat bebas hanya terbatas oleh panjang kabel yang digunakan.

5.2.5 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak untuk sistem yang digunakan menggunakan program *Arduino IDE*. *Arduino IDE* merupakan sebuah perangkat aplikasi pemrograman yang digunakan untuk membuat perintah program pada mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini. Pada bagian ini akan membahas implementasi Inisialisasi Motor Servo dan Sensor Flex, Membaca sensor Flex, Metode Mapping Pada Sensor Flex dan Motor Servo, yang terakhir Output Motor Servo.

5.2.5.1 Inisialisasi Motor Servo dan Sensor Flex

Implementasi motor servo dan sensor flex menghasilkan nilai data yang akan diproses ke tahap selanjutnya. Berikut merupakan *pseudo code* yang ditampilkan pada Gambar 5.13.

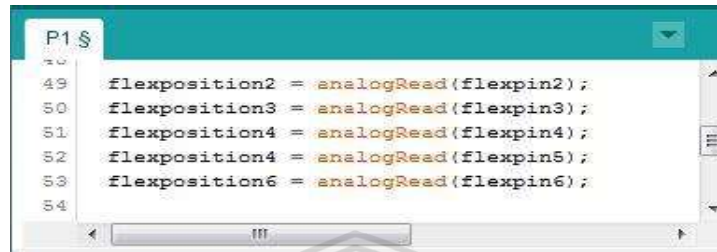


Gambar 5.13 Potongan Program Inisialisasi Motor Servo dan Sensor Flex

Gambar 5.13 menjelaskan bagaimana inisialisasi awal motor servo dan sensor flex. Pertama memasukkan fungsi kontrol servo dengan *include library*. Kemudian membuat variable untuk inisialisasi pin servo yang akan digunakan dan mendefinisikan pin analog yang akan digunakan untuk sensor flex. Dan yang terakhir *void setup* digunakan untuk melihat hasil kerja sensor flex dan motor servo.

5.2.5.2 Membaca Kondisi Sensor Flex

Pada pembacaan kondisi sensor flex akan menjelaskan kondisi bagaimana proses pembacaan tersebut dilakukan. Berikut merupakan *pseudo code* yang akan dijelaskan pada potongan program pembacaan sensor flex. Berikut serial print potongan program pembacaan sensor flex Gambar 5.14



```

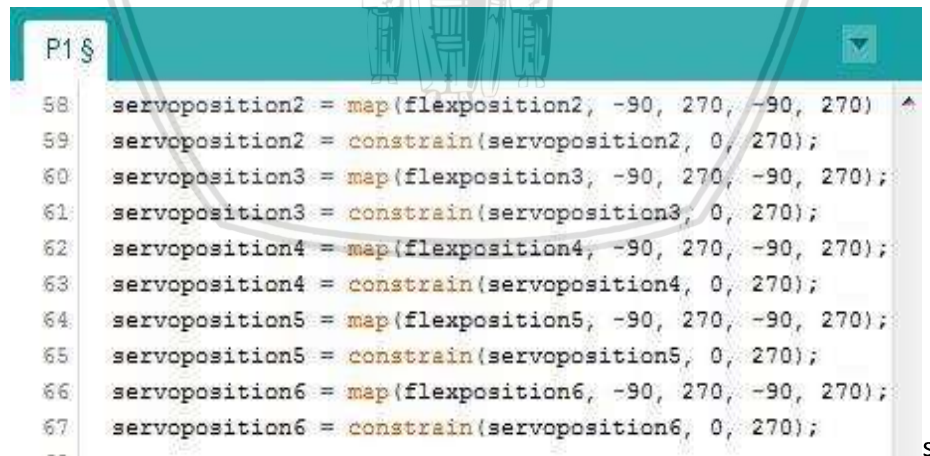
P1 $
49 flexposition2 = analogRead(flexpin2);
50 flexposition3 = analogRead(flexpin3);
51 flexposition4 = analogRead(flexpin4);
52 flexposition4 = analogRead(flexpin5);
53 flexposition6 = analogRead(flexpin6);
54
  
```

Gambar 5.14 Potongan Program Membaca Kondisi Sensor Flex

Pada potongan program diatas dapat dijelaskan bagaimana proses pembacaan kondisi dari sensor flex. Dapat dilihat dari program tersebut sensor flex dipanggil untuk melakukan pembacaan kondisi dari setiap masing-masing sensor sesuai dengan nomer sensor yang telah dibuat.

5.2.5.3 Metode Mapping Pada Sensor Flex dan Motor Servo

Pada pengkondisian metode *mapping* akan ditunjukkan bagaimana sensor flex dan motor servo diberikan nilai mapping. Berikut potongan *pseudo code* dari program yang dibuat. Berikut potongan serial print program metode mapping pada sensor flex dan motor servo, dapat dilihat pada Gambar 5.15



```

P1 $
58 servoposition2 = map(flexposition2, -90, 270, -90, 270);
59 servoposition2 = constrain(servoposition2, 0, 270);
60 servoposition3 = map(flexposition3, -90, 270, -90, 270);
61 servoposition3 = constrain(servoposition3, 0, 270);
62 servoposition4 = map(flexposition4, -90, 270, -90, 270);
63 servoposition4 = constrain(servoposition4, 0, 270);
64 servoposition5 = map(flexposition5, -90, 270, -90, 270);
65 servoposition5 = constrain(servoposition5, 0, 270);
66 servoposition6 = map(flexposition6, -90, 270, -90, 270);
67 servoposition6 = constrain(servoposition6, 0, 270);
--
  
```

Gambar 5.15 Kondisi Metode Mapping Pada Sensor Flex dan Motor Servo

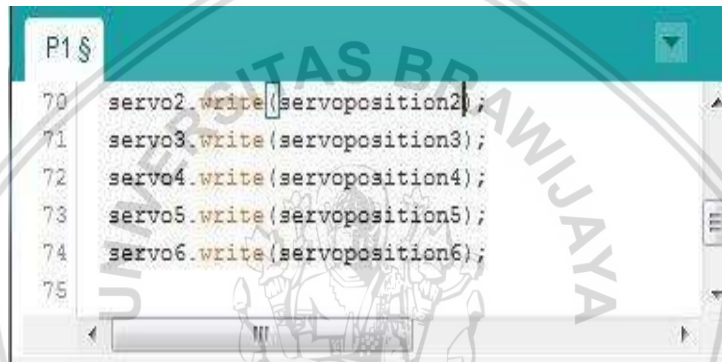
Kondisi metode mapping pada sensor flex dan motor servo memiliki nilai yang tidak semua sama. Dapat dilihat bahwa 2 program memiliki nilai yang lebih besar. Dengan kata lain posisi motor servo sama dengan nilai map pada sensor flex yang di dalamnya terdapat antara nilai minimal dan maksimal sensor flex dan motor servo.

Penjelasan hasil proses metode map:

1. Line 58 baris pertama posisi servo sama dengan nilai map sensor flex minimal yaitu -90 dan maksimal 270. Kemudian dilanjutkan dengan nilai minimal motor servo -90 dan maksimal 270.
2. Line 59 baris kedua merupakan nilai antara minimal motor servo dengan nilai maksimal motor servo yaitu 0 sampai 270.
3. Line 60 sampai 67 merupakan hasil dari nilai antara sensor flex dan motor servo yang lainnya.

5.2.5.4 Output Motor Servo

Pada implementasi output motor servo akan dihasilkan nilai keluaran dari motor servo yang telah diberikan nilai mapping. Berikut pseudo code potongan program output motor servo. Berikut potongan program output motor servo, Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Output Motor Servo

Dalam Gambar 5.16 dijelaskan bagaimana program dalam menggerakkan motor servo yang telah diberikan masing-masing nilai mapping sebelumnya. Dapat dilihat dalam program motor servo nomer 2 melakukan penulisan data pada posisi servo nomer yang sama, begitu seterusnya.

BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis akan dilakukan untuk menganalisis kinerja apakah sistem yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik dan sesuai rancangan. Dalam pengujian ini akan dilakukan secara bertahap kemudian secara keseluruhan. Pengujian secara bertahap ini dilakukan untuk mempermudah analisa sistem yang dibuat apabila terjadi kinerja sistem yang tidak sesuai dengan perancangan. Pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian respon sensor flex dengan motor servo.
2. Pengujian genggam tangan robot.
3. Pengujian kekuatan genggam tangan robot.

6.1 Pengujian Respon Sensor Flex Kepada Gerak Motor Servo

6.1.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa sistem yang dibuat dapat bekerja dengan semestinya ketika digunakan, dengan cara menguji respon pergerakan dari sensor flex dengan motor servo satu persatu.

6.1.2 Prosedur Pengujian Respon Sensor Flex Pada Pergerakan Motor Servo

Didalam proses pengujian keseluruhan sistem ini, peneliti membagi prosedur pengujiannya untuk melihat hasil respon dari nilai gerakan yang diperintahkan. Berikut merupakan point dalam prosedur pengujian.

1. Dimulai dengan menggerakkan sensor pada ibu jari.
2. Dilanjutkan dengan menggerakkan jari telunjuk.
3. Lalu menggerakkan jari tengah.
4. Kemudian menggerakkan jari manis.
5. Dan yang terakhir menggerakkan jari kelingking.

6.1.3 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara menggerakkan satu persatu sensor flex sesuai dengan gerakan yang sudah ditentukan. Kemudian melihat hasil respon dari motor servo serta hasil nilai yang diberikan. Percobaan yang dilakukan bertahap secara 5 kali berturut-turut. Dalam percobaan tersebut akan dilihat perbedaan nilai untuk setiap kali percobaan apakah perbedaan nilai yang terjadi cukup jauh atau masih di standart nilai rata-ratanya. Berikut merupakan hasil pengujian respon gerakan dari sensor flex ke motor servo yang sudah di masukkan ke dalam Tabel 6.1.

6.1.3.1 Pengujian Respon Sensor Flex kepada Gerak Motor Servo

Berikut hasil pengujian pada respon sensor flex kepada gerak motor servo, nilai yang terdapat pada tabel merupakan satuan derajat hasil dari pergerakan sensor flex dan motor servo. Satuan derajat pada sensor flex dan motor servo memiliki batas derajat mulai dari 0° hingga 270° . Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.1.

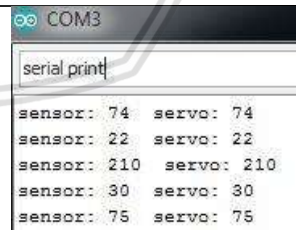
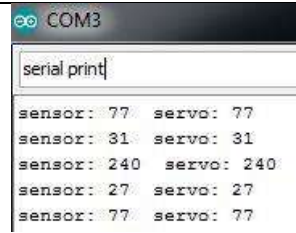
Tabel 6.1 Pengujian Respon Sensor Flex Dengan Motor Servo

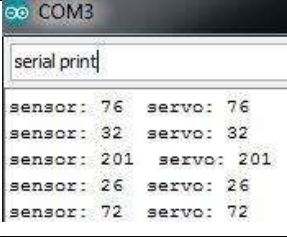
No	Posisi Sensor Jari Tangan	Posisi Servo Jari robot	Pengujian					
			1	2	3	4	5	Rata - Rata
1	Ibu Jari 	Ibu Jari 	198	209	210	211	205	206,6
2	Jari Telunjuk 	Jari Telunjuk 	237	240	229	242	236	236,8
3	Jari Tengah 	Jari Tengah 	227	239	231	225	229	230,2

4	Jari Manis	Jari Manis	201	198	179	182	206	193,2
5	Jari Kelingking	Jari Kelingking	200	202	205	200	207	202,8

Hasil pada tabel dapat dijabarkan bahwa setiap percobaan pada masing-masing sensor flex jari tangan dapat bekerja dengan baik untuk menggerakkan setiap jari robotnya. Dalam 5 kali percobaan setiap masing-masing jari memiliki nilai dengan rata-rata yang cukup stabil. Berikut merupakan hasil screenshoot dari salah satu percobaan pengujian respon nilai yang dihasilkan oleh sensor flex dan motor servo pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Output Serial Print Respon Flex Dengan Motor Servo

No	Posisi Jari	Batas Jarak Pergerakan Sensor & Servo	Nilai Sensor Flex dan Motor Servo
1	Ibu Jari	0° - 270°	 <pre> COM3 serial print sensor: 74 servo: 74 sensor: 22 servo: 22 sensor: 210 servo: 210 sensor: 30 servo: 30 sensor: 75 servo: 75 </pre>
2	Jari Telunjuk	0° - 270°	 <pre> COM3 serial print sensor: 77 servo: 77 sensor: 31 servo: 31 sensor: 240 servo: 240 sensor: 27 servo: 27 sensor: 77 servo: 77 </pre>

3	Jari Tengah	0° - 270°	 <pre> COM3 serial print sensor: 39 servo: 39 sensor: 19 servo: 19 sensor: 231 servo: 231 sensor: 34 servo: 34 sensor: 36 servo: 36 </pre>
4	Jari Manis	0° - 270°	 <pre> COM3 serial print sensor: 76 servo: 76 sensor: 32 servo: 32 sensor: 201 servo: 201 sensor: 26 servo: 26 sensor: 72 servo: 72 </pre>
5	Jari Kelingking	0° - 270°	 <pre> COM3 serial print sensor: 37 servo: 37 sensor: 20 servo: 20 sensor: 202 servo: 202 sensor: 36 servo: 36 sensor: 40 servo: 40 </pre>

Hasil pada tabel diatas dapat dijelaskan bahwa nilai pada sensor flex memberikan nilai yang sama pada gerakan motor servo. Ketika terdapat pergerakan pada input maka satuan derajat akan menampilkan hasilnya, ketika tidak ada gerakan pada input maka derajat yang dihasilkan juga tidak tampak.

6.1.4 Analisa Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dari respon pergerakan sensor flex ke motor servo didapatkan hasil bahwa pergerakan motor servo bergantung dari perintah gerakan sensor flex. Motor servo bergerak sesuai dengan nilai input yang diberikan oleh nilai lengkung sensor flex. Apabila sensor memberikan perintah dengan nilai tertentu maka motor servo menghasilkan gerakan dengan nilai yang sama. Jadi kesimpulannya adalah gerakan motor servo berpengaruh pada nilai yang dihasilkan sensor.

6.2 Pengujian Genggaman Tangan Robot

6.2.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian genggaman tangan robot ini adalah untuk melihat hasil dari genggaman jari tangan robot menggunakan beberapa benda sebagai objek genggamannya.

6.2.2 Prosedur Pengujian

Dalam proses pengujian sistem ini, peneliti membagi prosedur pengujiannya untuk melihat hasil respon dari nilai genggaman yang diperintahkan. Berikut merupakan point dalam prosedur pengujian.

1. Dimulai dengan menggenggam sebuah objek benda yaitu spons sebanyak 3x percobaan.
2. Dilanjutkan dengan menggenggam objek benda berupa botol sebanyak 3x.
3. Dan yang terakhir menggenggam objek benda berupa batu sebanyak 3x.


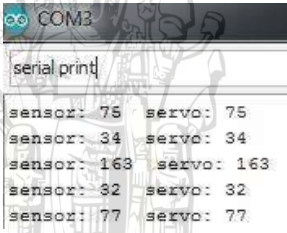


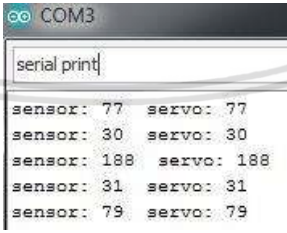

6.2.3 Hasil Pengujian Genggaman Tangan Robot


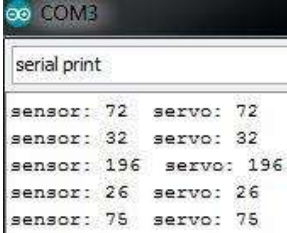

Pengujian dilakukan dengan cara mengamati pergerakan setiap jari tangan robot apakah sudah melakukan semua gerakan menggenggam. Setiap percobaan genggam akan diletakkan objek benda sebagai media penahan genggam.

6.2.3.1 Pengujian Menggenggam Objek Spons

Berikut merupakan hasil pengujian genggam sensor dengan motor servo dalam menggenggam objek spons, dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Pengujian Genggaman Objek Spons

No	Kondisi Sensor	Nilai Sensor dan Motor	Hasil Genggaman
1	Kondisi Sensor (1) 	Percobaan (1)  <pre> COM3 serial print sensor: 75 servo: 75 sensor: 34 servo: 34 sensor: 163 servo: 163 sensor: 32 servo: 32 sensor: 77 servo: 77 </pre>	Genggam Spons (1) 
2	Kondisi Sensor (2) 	Percobaan (2)  <pre> COM3 serial print sensor: 77 servo: 77 sensor: 30 servo: 30 sensor: 188 servo: 188 sensor: 31 servo: 31 sensor: 79 servo: 79 </pre>	Genggam Spons (2) 


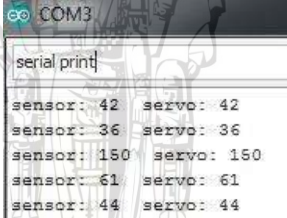


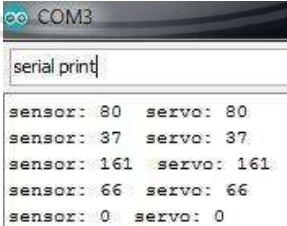

3	Kondisi Sensor (3)	Percobaan (3)	Genggam Spons (3)
		 <pre> COM3 serial print sensor: 72 servo: 72 sensor: 32 servo: 32 sensor: 196 servo: 196 sensor: 26 servo: 26 sensor: 75 servo: 75 </pre>	


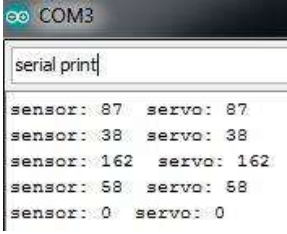

Hasil pada tabel dapat dilihat bahwa pada 3x pengujian genggam objek spons dengan rentang nilai input yang berbeda didapatkan juga hasil yang berbeda. Kisaran nilai untuk menggenggam spons adalah 163 hingga 196.

6.2.3.2 Pengujian Menggenggam Objek Botol

Berikut merupakan hasil pengujian genggam sensor dengan motor servo dalam menggenggam objek botol, dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Pengujian Genggam Objek Botol

No	Kondisi Sensor	Nilai Sensor dan Motor	Hasil Genggam
1	Kondisi Sensor (1)	Percobaan (1)	Genggam Botol (1)
		 <pre> COM3 serial print sensor: 42 servo: 42 sensor: 36 servo: 36 sensor: 150 servo: 150 sensor: 61 servo: 61 sensor: 44 servo: 44 </pre>	
2	Kondisi Sensor (2)	Percobaan (2)	Genggam Botol (2)
		 <pre> COM3 serial print sensor: 80 servo: 80 sensor: 37 servo: 37 sensor: 161 servo: 161 sensor: 66 servo: 66 sensor: 0 servo: 0 </pre>	


3	Kondisi Sensor (3) 	Percobaan (3)  <pre> COM3 serial print sensor: 87 servo: 87 sensor: 38 servo: 38 sensor: 162 servo: 162 sensor: 58 servo: 58 sensor: 0 servo: 0 </pre>	Genggam Botol (3) 
---	--	---	---


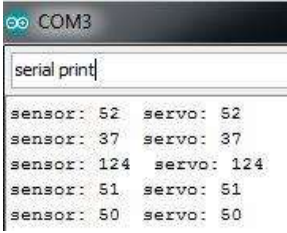

Dari hasil pengujian genggam pada objek botol dari setiap percobaan 3 nilai yang berbeda. Didapatkan hasil bahwa untuk setiap percobaan genggamannya mampu menggenggam objek botol dengan sangat baik. Dapat dilihat pada percobaan nilai pertama yaitu 150 jari robot mampu menggenggam dengan sempurna. Dilanjutkan dengan nilai 161 dan 162 jari robot juga mampu menggenggam dengan sangat baik.

6.2.3.3 Pengujian Menggenggam Objek Batu

Berikut merupakan hasil pengujian genggam sensor dengan motor servo dalam menggenggam objek batu, dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Pengujian Genggam Objek Batu

No	Kondisi Sensor	Nilai Sensor dan Motor	Hasil Genggam
1	Kondisi Sensor (1) 	Percobaan (1)  <pre> COM3 serial print sensor: 43 servo: 43 sensor: 0 servo: 0 sensor: 125 servo: 125 sensor: 52 servo: 52 sensor: 48 servo: 48 </pre>	Genggam Batu (1) 
2	Kondisi Sensor (2) 	Percobaan (2)  <pre> COM3 serial print sensor: 47 servo: 47 sensor: 45 servo: 45 sensor: 137 servo: 137 sensor: 53 servo: 53 sensor: 43 servo: 43 </pre>	Genggam Batu (2) 

3	Kondisi Sensor (3) 	Percobaan (3)  <pre> COM3 serial print sensor: 52 servo: 52 sensor: 37 servo: 37 sensor: 124 servo: 124 sensor: 51 servo: 51 sensor: 50 servo: 50 </pre>	Genggam Batu (3) 
---	--	---	--

Dari hasil pengujian genggaman pada objek batu dapat dilihat bahwa dalam 3x pengujian yang berbeda robot jari tangan dapat menggenggam media batu dengan kisaran nilai 127° hingga 148°.

6.2.4 Analisa Pengujian

Dari hasil pengujian genggaman jari tangan robot pada tabel 6.5 di atas dapat diberikan hasil yaitu setiap objek benda yang diberikan mampu menggenggam media dengan sangat baik. Setiap masing-masing jari tangan mampu menggenggam objek benda dengan sempurna.

6.3 Pengujian Kekuatan Genggaman

6.3.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian kekuatan genggaman jari tangan robot yaitu untuk mengetahui seberapa kuat tingkat genggaman simulator jari tangan robot yang dibuat.

6.3.2 Prosedur Pengujian

Dalam prosedur pengujian akan dimulai dengan meletakkan objek benda sebagai penghalang genggaman. Kemudian sensor memberikan perintah genggam penuh kepada motor servo untuk melakukan perintah genggaman sekuat mungkin. Setelah perintah dilakukan maka akan dilakukan pengujian dari segi ketinggian angkat. Berikut merupakan point dalam prosedur pengujian.

1. Menggenggam spons kemudian mengangkatnya secara berurutan mulai dari ketinggian 10cm – 50cm.
2. Menggenggam botol kemudian mengangkatnya secara berurutan mulai dari ketinggian 10cm – 50cm.
3. Menggenggam batu kemudian mengangkatnya secara berurutan mulai dari ketinggian 10cm – 50cm.

6.3.3 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan objek benda pada jari tangan dan menggenggamnya dengan cara mengangkat simulator jari tangan sesuai dengan tingkat ketinggian yang sudah disesuaikan.

6.3.3.1 Pengujian Kekuatan Genggam Objek Spons

Berikut merupakan hasil pengujian kekuatan genggam sensor dengan motor servo dalam menggenggam objek spons, dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Pengujian Kekuatan Genggam Objek Spons

No	Benda	Posisi Ketinggian	Hasil Kekuatan Genggaman	Validasi
1	Spons	10Cm		Valid
2	Spons	20Cm		Valid
3	Spons	30Cm		Valid
4	Spons	40Cm		Valid
5	Spons	50Cm		Valid

Dari hasil yang didapat dijelaskan bahwa pengujian dalam kekuatan genggam untuk media spons dalam 5 ketinggian yang berbeda dapat menggenggam dengan baik. Berikut tabel presentase keberhasilan, Tabel 6.7.

Tabel 6.7 Tabel Presentase Pengujian Kekuatan Genggam Objek Spons




No	Jumlah Validasi	Jumlah Invalid	Rumus	Presentase Keberhasilan
1	5	0	$\frac{\text{Validasi}}{\text{Jumlah Data}} \times 100\%$	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$



Dalam tabel presentase keberhasilan didapatkan hasil kekuatan genggam pada 5 titik ketinggian yang berbeda mempunyai tingkat keberhasilan hingga 100%.

6.3.3.2 Pengujian Kekuatan Genggam Objek Botol

Berikut adalah hasil pengujian kekuatan genggam sensor dengan motor servo dalam menggenggam objek botol, dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.8 Pengujian Kekuatan Genggam Objek Botol

No	Benda	Posisi Ketinggian	Hasil Kekuatan Genggaman	Validasi
1	Botol	10Cm		Valid
2	Botol	20Cm		Valid
3	Botol	30Cm		Valid

4	Botol	40Cm		Valid
5	Botol	50Cm		Valid

Dari hasil pengujian kekuatan genggam pada objek botol dapat disimpulkan semua percobaan valid. Berikut presentase keberhasilan Tabel 6.9.

Tabel 6.9 Tabel Presentase Pengujian Kekuatan Genggam Objek Botol

No	Jumlah Validasi	Jumlah Invalid	Rumus	Presentase Keberhasilan
1	5	0	$\frac{\text{Validasi}}{\text{Jumlah Data}} \times 100\%$	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$

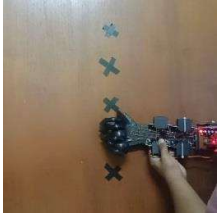



Dalam perhitungan tabel dapat dijelaskan bahwa pengujian kekuatan angkat genggam pada objek botol memiliki presentase keberhasilan 100%. Disetiap kenaikan 10Cm dapat dilakukan kekuatan genggam dengan sangat baik.

6.3.3.3 Pengujian Kekuatan Genggam Objek Batu

Berikut adalah hasil pengujian kekuatan genggam sensor dengan motor servo dalam menggenggam objek batu, batu yang digunakan memiliki beban 1Kg. Dapat dilihat pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10 Pengujian Kekuatan Genggam Objek Batu

No	Benda	Posisi Ketinggian	Hasil Kekuatan Genggaman	Validasi
1	Batu [Beban 1kg]	10Cm		Valid

2	Batu [Beban 1kg]	20Cm		Valid
3	Batu [Beban 1kg]	30Cm		Valid
4	Batu [Beban 1kg]	40Cm		Invalid
5	Batu [Beban 1kg]	50Cm		Invalid

Dari hasil pengujian kekuatan genggam pada obek batu dapat dilihat bahwa pengujian kekuatan angkat dan genggamnya tidak semuanya berhasil. Ada 2 tahap uji yang gagal dalam pengujiannya, yaitu pada ketinggian 40Cm dan 50Cm. Hal ini dikarenakan beban pada batu tidak mampu di pompang oleh jenis bahan jari robot yang digunakan, yaitu selang air. Berikut merupakan tabel presentase keberhasilan yang ditunjukkan pada Tabel 6.11.

Tabel 6.11 Tabel Presentase Kekuatan Genggam Objek Batu

No	Jumlah Validasi	Jumlah Invalid	Rumus	Presentase Keberhasilan
1	3	2	$\frac{\text{Validasi}}{\text{Jumlah Data}} \times 100\%$	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$

Kesimpulan yang di dapat adalah presentase pengujian kekuatan angkat dan genggam tidak bekerja dengan baik disetiap pengujiannya. Ada 2 tahap

pengujian yang gagal, pada pengujian ketinggian 40Cm sampai 50Cm objek benda genggam jatuh. Hal ini disebabkan oleh jenis bahan jari tangan pada robot yang memiliki tekstur lentur dan kurang kuat. Total presentase keberhasilan 60%.

6.3.4 Analisa Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian dari kekuatan genggam jari tangan robot yang ditampilkan pada Tabel 6.3 di atas. Dapat diberikan kesimpulan bahwa tingkat kekuatan genggam yang dilakukan tidak semuanya memberikan hasil genggam yang baik. Pada objek benda spons dan botol di setiap jarak ketinggian memberikan hasil kekuatan genggam yang sangat baik mampu mengangkat objek benda dengan semua ketinggian yang ditentukan. Sedangkan pada objek benda batu, kekuatan genggam jari tangan robot tidak bisa menggenggam objek benda dengan baik. Hal ini dikarenakan beban pada objek benda yang terlalu berat.



BAB 7 PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan sistem yang telah dibuat dan dijelaskan pada bab-bab sebelumnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

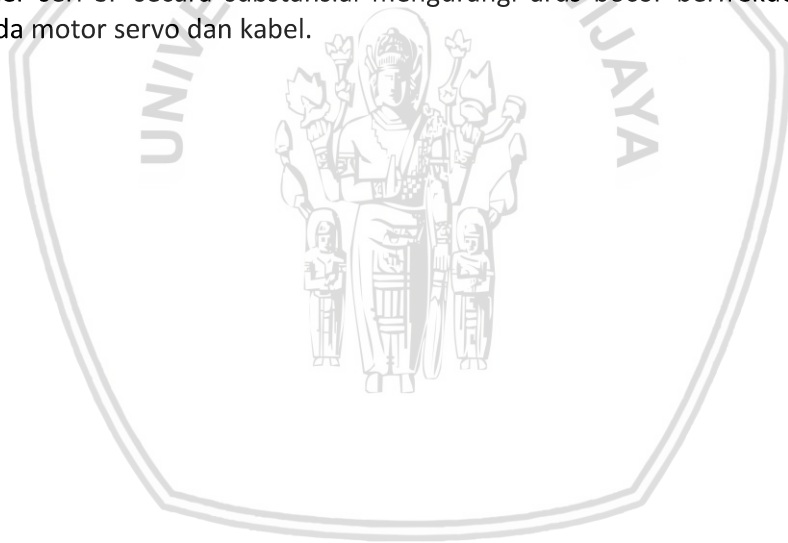
1. Dalam membaca pergerakan jari tangan menggunakan sensor flex. Sensor flex memiliki nilai data antara 0° hingga 1023° , dari rentang nilai tersebut pengguna menentukan nilai sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Dari nilai yang sudah ditentukan pergerakan pada sensor flex akan di olah oleh mikrokontroller yang kemudian akan menghasilkan nilai sudut. Nilai akurasi pada sensor flex berpengaruh dengan peletakkan jarak sensor. Ketika sensor diletakkan pada posisi tidak presisi dengan panjang jari, maka nilai yang dikeluarkan tidak akan maksimal. Hal ini dikarenakan tingkat lengkung yang seharusnya sesuai dengan nilai input tidak sama dengan posisi jari sehingga tidak berjalan dengan seharusnya. Begitu sebaliknya apabila peletakkan sensor sesuai dengan nilai yang ditentukan, maka pergerakan yang dihasilkan akan berjalan secara maksimal. Nilai dapat diubah dengan cara merubah nilai pada coding arduino. Pada hasil pengujian respon sensor flex didapatkan hasil untuk genggam ibu jari mendapatkan nilai rata-rata $206,6^{\circ}$. Pada jari telunjuk $236,8^{\circ}$, pada jari tengah $230,2^{\circ}$, sedangkan pada jari manis mendapatkan nilai $193,2^{\circ}$ dan pada jari kelingking mendapatkan nilai dengan rata-rata $202,8^{\circ}$.
2. Pada perancangan sistem kendali jari tangan robot menggunakan jari tangan manusia ini menggunakan 5 Buah motor servo dengan tipe MG 966 R. Cara kerja motor servo pada pergerakan jari tangan robot ini menggantungkan nilai inputan dari hasil gerakan sensor flex. Ketika motor servo mendapatkan nilai dari inputan maka motor servo akan bergerak mengikuti nilai yang telah diberikan. Motor servo dalam menggerakkan setiap bagian sendi jari tangan robot dengan cara menarik jari yang diperintah menggunakan media benang. Motor servo memiliki derajat 360° dalam pergerakannya. Dari hasil pengujian responnya didapatkan hasil ketika motor servo menggenggam spons memerlukan nilai sebesar 163° hingga 196° . Pada objek botol memerlukan nilai 150° hingga 162° , dan pada objek batu diperlukan nilai sebesar 125° hingga 124° .
3. Dalam keselarasan metode mapping pada gerakan jari tangan robot bahwasannya metode mapping didalam program *mikrokontroller* digunakan ketika memetakan kembali hasil dari suatu rentang nilai, dari hasil rentang nilai yang ada menjadi rentang nilai target yang dibutuhkan. Hasil pengujian kekuatan genggam didapatkan hasil untuk presetase kekuatan genggam pada objek spons mendapatkan hasil valid 100%. Pada kekuatan genggam objek botol mendapatkan hasil valid 100%. Sedangkan pada kekuatan genggam objek batu didapatkan hasil presentase 60% dikarenakan pada tahap kekuatan genggam ketinggian 40Cm dan 50Cm jari robot tidak mampu menahan beban

terlalu lama dan berat. Kegagalan terjadi dikarenakan jenis bahan jari robot masih menggunakan selang air yang memiliki tekstur lentur dan kurang kuat.

7.2 Saran

Berikut beberapa saran yang dapat dikembangkan dalam sistem ini:

1. Pengiriman data dari sensor dan motor servo pada sistem ini masih menggunakan media kabel. Untuk perkembangannya dapat menggunakan sistem pengiriman *wireless* agar mempermudah penggunaannya.
2. Pada jari tangan robot masih menggunakan mekanis benda lentur. Dapat dikembangkan menggunakan mekanis yang lebih kuat dan menggantikan media Tarik motor servo dengan mekanis berbahan kuat juga.
3. Robot manipulator pada sistem ini bisa dibilang masih kurang sempurna karena motor servo masih sering bergetar saat booting. Dapat dikembangkan dengan cara menambahkan perangkat Filter seri SF. Filter seri SF merupakan penyaring gangguan frekuensi pada alat. Gangguan frekuensi ini yang menyebabkan motor servo masih bergetar meskipun tidak ada inputan masuk. Filter seri SF secara substansial mengurangi arus bocor berfrekuensi tinggi pada motor servo dan kabel.



DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, Andi. 2014. *"Perancangan Robot Tangan Sederhana"*. Universitas Mercu Buana.
- Afridanil, Wildian. 2015. *"Rancang Bangun Sistem Kendali Robot Tangan Menggunakan Bluetooth Berbasis Mikrokontroler ATmega8535"*. Universitas Andalas.
- Ahmad, Bima, A.R Anom. 2014. *"Pengendalian Robot Lengan Beroda Dengan Kamera Untuk Pengambilan Obyek"*. ITS.
- Andik, Edy. 2014. *"Sistem Kendali Robot Manipulator Pemindah Barang Dengan Umpan Balik Visual"*. Universitas Internasional Batam.
- Andrianto, Heri. 2011. *"Menggambar Teknik Rangkaian PCB Modula"*. Bandung.
- Asep, Reza. 2017. *"Sistem Kontrol Pemindah Barang Menggunakan Aplikasi Android Berbasis Arduino Uno"*. STMIK RAHARJA.
- Budiharto, Widodo. 2008. *"Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR ATmega16"*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Djannatin, Aldhaniar. 2016. *"Jari Tangan Robot Pengikut Jari Tangan Manusia"*. Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Dodik, Agung. 2013. *"Rancang Bangun Modifikasi Mekanik Robot Lengan"*. UNESA.
- Firmansyah, Yuwaldi, Rizal, M. Ikhsan, Ikram. 2014. *"Perancangan Lengan Robot 5 Derajat Kebebasan Dengan Pendekatan Kinematika"*. Universitas Syiah Kuala.
- Handle Y. Jayant, Malausare Niket. 2015. *"Design for Robotic Hand Using Flex-Sensor"*, International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE). India.
- Irawan, Binger Pudyastowo. 2012. *"Rancang Bangun Robot Pemindah Barang dengan Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler"*. [Diakses 17 Februari 2014].
- Juliansyah, Reza Amar. 2014. *"Perancangan Sistem Kontrol Robot Pemindah Barang Menggunakan Aplikasi Android Berbasis Arduino Uno"*. STMIK RAHARJA.
- Padillah, Heru Andra. 2013. *"Kontrol Wireless Bionik Robot Jari Tangan Menggunakan Arduino"*. Politeknik Caltex Riau.
- Kadir Abdul. 2014. *"Buku Pintar Pemrograman Arduino"*. Mediakom Yogyakarta.
- Maria V. 2014. *"Rancang Bangun Jari Tangan Robot Mengikuti Pergerakan Jari Tangna Manusia"*. SPPH-ILKOM, STMIK Global Informatika MDP. Palembang.
- M. Faris, Achmad, M. Nuh. 2015. *"Perbaikan Sistem Kendali Robot Tangan EH1 Milano Menggunakan Sistem Kendali Loop Tertutup"*. ITS.

- Nainggolan, Ezra Meliora. 2015. *"Perancangan Dan Implementasi Tangan Robot Buatan Dengan Menggunakan Elektromiogram"*. Universitas Telkom. Bandung.
- Pitowarnno, Endra. 2006. *"Robotika: Desain Kontrol dan Kecerdasan Buatan"*, Andi offset: Yogyakarta.
- Rizky, Dr. Achmad. 2014. *"Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Robot Tangan Prensilia"*. ITS.
- Rusmandi, Dedy. 2001. *"Mengenal Komponen Elektronika"*. Penerbit Pionir Jaya. Bandung.
- Suyadhi, Taufiq Dwi Septian. 2010. *"Buku Pintar Robotika"*. Yogyakarta.
- Syahwil, Muhammad. 2013. *"Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino"*. Yogyakarta.
- Wisesa, Arya. 2014. *"Rancang Bangun Lengan Robot Pengikut Pergerakan Lengan Manusia Menggunakan Flex Sensor"*. Sitem Komputer Universitas Andalas.
- Veronica, Maria dan Dwi Widya Utari. 2014. *"Rancang Bangun Jari Tangan Robot Pengikut Pergerakan Jari Tangan Manusia"*. STMIK GI MDP.

